

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM



БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 615

Основана в 1959 году

**Ю. Н. ГУСЕВ В. П. УШАНОВ
Н. М. ЧЕСНОКОВ**

СРЕДСТВА И УСТРОЙСТВА БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ РАБОТ В ЭЛЕКТРО- УСТАНОВКАХ



МОСКВА
ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ
1988

ББК 31.29н

Г 96

УДК 621.31 : 658.382.3 : 616—001.2

Рецензент Р. А. Гаджиев

Редакционная коллегия серии:

В. Н. Андриевский, С. А. Бажанов, М. С. Бернер, Л. Д. Годгельф, В. Х. Ишкин, Д. Т. Комарои, В. Н. Кудрявцев, В. П. Ларионов, Э. С. Мусаэлян, С. П. Розанов, В. А. Семенов, А. Д. Смирнов, А. Н. Трифонов, А. А. Филатов, А. Н. Щепеткин

Гусев Ю. Н. и др.

Г 96 Средства и устройства безопасности для работ в электроустановках/ Ю. Н. Гусев, В. П. Ушанов, Н. М. Чесноков. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 96 с.: ил. — (Б-ка электромонтера; Вып. 615).

ISBN 5-283-01044-9

Рассмотрены разработки СКТБ ВКТ Мосэнерго последних лет для повышения электробезопасности при обслуживании электроустановок сетей и станций. Объяснен принцип действия приборов и устройств, их электрические схемы и конструкции, методы работы с новыми защитными средствами.

Для электромонтеров, обслуживающих действующие электроустановки.

2302050000-261

198-88

Г 051(01)-88

ББК 31.29н

ISBN 5-283-01044-9

© Энергоатомиздат, 1988

Ускоряющееся развитие электроэнергетического комплекса нашей страны неразрывно связано с улучшением условий труда электротехнического персонала электро-энергетических предприятий и потребителей, обеспечением высокого уровня электробезопасности и санитарно-гигиенических условий, внедрением новых эффективных средств защиты работающих.

Технические требования к средствам защиты, порядок их использования и испытаний регламентируются Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок [1], Правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках [2], государственными стандартами (например, ГОСТ 20493—75*) и другими нормативными документами.

В последние годы выпущены справочные материалы [4—6], в которых дается описание средств защиты и приспособлений, выпускаемых промышленностью.

Настоящая брошюра посвящена разработкам Специального конструкторско-технологического бюро по высоковольтной и криогенной технике (СКТБ ВКТ) Мосэнерго в данной области, выполненным по заданию Управления по технике безопасности и промсанитарии Минэнерго СССР, а также Районного энергетического управления Мосэнерго. Приведено описание указателей и сигнализаторов напряжения, переносных заземлений для воздушных линий, устройств, облегчающих производство работ в кабельных сетях, экранирующих комплектов, вспомогательных приспособлений, таких, как приспособление для проверки исправности указателей, устройство предупреждения грозовой опасности. Впервые в литературе рассматривается получивший широкое распространение манекен-тренажер для обучения персонала основным приемам реанимации.

При написании брошюры авторы ставили целью дать подробное изложение принципа действия, конструктивного исполнения и особенностей применения описываемых средств защиты, приборов и устройств. Ознакомление с настоящей брошюрой позволит электромонтерам, работникам электролабораторий, инженерно-техническим работникам организовать их правильную эксплуатацию, а при необходимости и ремонт.

Авторы просят замечания и пожелания направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

Авторы

1. УКАЗАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

Указатели напряжения — переносные приборы, предназначенные для проверки наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях электроустановки. Необходимость такой проверки возникает согласно Правилам [1] перед наложением заземления в предварительно отключенной электроустановке для исключения возможности поражения персонала электрическим током. Кроме того, указатели напряжения используются при контроле исправности электроустановки, монтаже, наладке и т. п.

Указатели напряжения до 1 кВ ранее назывались указателями (а также индикаторами) низкого напряжения, что до настоящего времени нашло отражение в наименованиях указателей, выпускаемых серийно (например УНН-10 — указатель низкого напряжения, ИН-92 — индикатор напряжения).

Индикация наличия напряжения на проверяемых токоведущих частях осуществляется в указателях напряжения, как правило, свечением газоразрядной неоновой лампы. Световой сигнал современных неоновых ламп, применяемых в указателях, замечен уже при токах, протекающих через лампу, порядка десятков и сотен микроампер. В связи с этим двухполюсное включение лампы через балластный резистор не обязательно. Надежное свечение лампы может быть обеспечено током, протекающим через емкость «тело человека — земля». Оператор при этом касается контакта Х2, соединенного с электродом лампы через балластный резистор R, ограничивающий ток, протекающий через человека (рис. 1).

Однополюсные указатели напряжения удобно применять при проверке схем вторичных цепей, для определения фазного провода в электроустановках с глухозаземленной нейтралью. В остальных случаях их применение

ограничено; кроме того, однополюсные указатели подвержены воздействию наведенного напряжения.

Двухполюсные указатели напряжения более универсальны и вследствие этого наиболее широко распространены. Они, как правило, работоспособны и в цепях постоянного тока. Схема простейшего указателя напря-

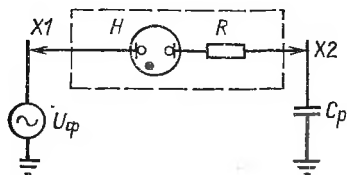


Рис. 1. Схема включения однополюсного указателя напряжения

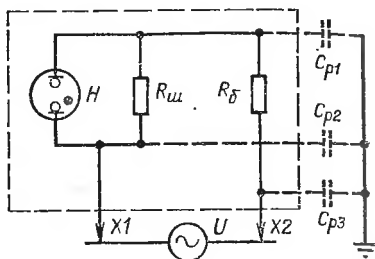


Рис. 2. Схема двухполюсного указателя до 1 кВ

жения данного типа показана на рис. 2. Сопротивление балластного резистора $R_б$ определяется максимальным рабочим напряжением U_{max} и максимально допустимым током неоновой лампы I_{max} :

$$R_б = \frac{U_{max} - U_r}{I_{max}},$$

где U_r — напряжение горения неоновой лампы.

Указатели до 1 кВ обычно рассчитаны на напряжение 500 и 700 В; напряжение горения неоновой лампы составляет 30—60 В при рабочем токе 0,2—2 мА. В этом случае необходимое сопротивление балластного резистора находится в пределах сотен килоом — единиц мегаом.

На схеме показаны распределенные емкости C_{p1} между элементами схемы указателя и землей и C_{p2} , C_{p3} — между фазными проводами и землей. Одна из емкостей C_{p2} , C_{p3} может быть равна бесконечности, что соответствует нулевому проводу. При отсутствии шунтирующего резистора $R_ш$ и разрыве цепи указателя в точке X2 через неоновую лампу будет тем не менее протекать емкостный ток, обусловленный в основном емкостью указателя C_{p1} ($C_{p1} \ll C_{p2} < \infty$), т. е. указатель в этом случае будет ложно индцировать наличие напряжения. Для

исключения этого явления неоновая лампа шунтируется резистором $R_{ш}$, сопротивление которого выбирается значительно меньшим емкостного сопротивления распределенной емкости $C_{р1}$. При наличии в схеме резистора $R_{ш}$ в рассматриваемом случае напряжение на неоновой лампе не может достигнуть напряжения зажигания, и весь емкостный ток будет замыкаться через шунтирующий резистор.

Указатель напряжения УННЛ-1 имеет принципиальную схему, соответствующую приведенной на рис. 2. Отличительной его особенностью является наличие уд-

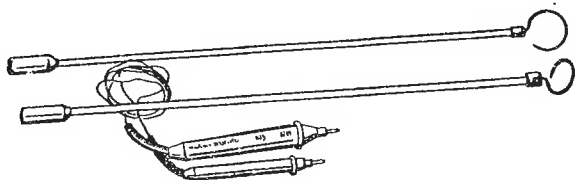


Рис. 3. Указатель напряжения линейный УННЛ-1

линных, изолированных по всей длине электродов, которые позволяют проверять отсутствие напряжения на воздушных линиях (ВЛ) на безопасном расстоянии от проводов. Внешний вид указателя показан на рис. 3.

Основные технические данные

Номинальное напряжение электроустановки, В . . .	110—660
Напряжение зажигания на переменном токе, В . . .	Не более 90
Ток через указатель при максимальном рабочем напряжении, мА	4
Габариты корпусов, мм	Ø20×160
Длина соединительного провода, мм	1100
Длина электродов, мм	500
Масса, кг	0,2

Спецификация элементов схемы

Неоновая лампа	ИН-3
Шунтирующий резистор	МЛТ-0,5, 1 МОм
Балластный резистор	МЛТ-2, 160 кОм

Указатель состоит из двух изолирующих корпусов из полистирола, соединенных гибким проводом с усиленной изоляцией. В местах ввода установлены амортизирующие изолирующие втулки. Контакты-наконечники имеют форму крючков, позволяющих повесить корпус

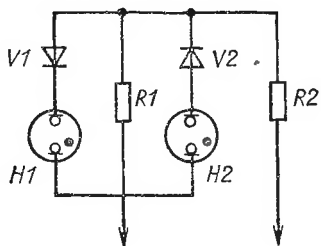


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема указателя напряжения УННУ-1:

$H1, H2$ — неоновые лампы ИН-3; $R1$ — шунтирующий резистор МЛТ-0,5, 1 МОм; $R2$ — балластный резистор МЛТ-2, 160 кОм; $V1, V2$ — диоды Д226Б.

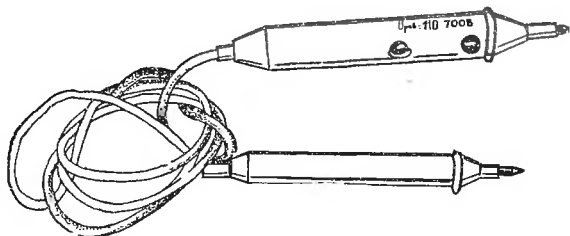


Рис. 5. Указатель напряжения универсальный УННУ-1

указателя на провод диаметром до 20 мм. Стержень контакта на всем участке от корпуса до крючка изолируется полиэтиленовой трубкой. Удлиненные электроды — съемные, что позволяет использовать указатель как обычный прибор для индикации напряжения в электроустановках переменного и постоянного тока 110—660 В.

Указатель напряжения УННУ-1 (универсальный) предназначен для проверки наличия или отсутствия напряжения в цепях напряжением 110—660 В переменного тока промышленной частоты и постоянного тока с одновременным указанием полярности. Принципиальная схема прибора показана на рис. 4, внешний вид — на рис. 5.

Для того чтобы обеспечить возможность индикации полярности постоянного напряжения, указатель содержит две неоновые лампы $H1$ и $H2$, включенные через диоды $V1$ и $V2$. Каждая из этих ламп горит только при соответствующей полярности проверяемого напряжения. При подключении указателя к цепи переменного тока горят обе лампы. Назначение и параметры резисторов $R1$ и $R2$ те же, что и в предыдущей схеме.

Указатели напряжения выше 1 кВ. Для индикации

напряжения на токоведущих частях электроустановок выше 1 кВ в настоящее время наиболее широко применяют указатели напряжения, работающие на принципе протекания емкостного тока. Первые конструкции подобных указателей (трубки Циппа) содержали неоновую лампу, один из электродов которой соединялся с контактом-наконечником, другой — с обкладкой конденсатора, конструктивно входящего в указатель. Вторая обкладка этого конденсатора при помощи зажима присоединялась к заземляющему проводнику. Контакт-наконечником оператор касался токоведущей части.

В дальнейшем были разработаны специальные типы неоновых ламп, сигнал которых замечен при малых токах (порядка десятков и сотен микроампер), протекающих через лампу. Применение подобных ламп в указателях напряжения, как уже отмечалось при описании

← Рис. 6. Схема включения простейшего указателя напряжения

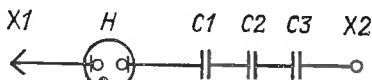
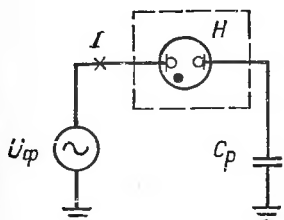


Рис. 7. Электрическая схема указателей УВН-10 и УВН-80М

указателей до 1 кВ, сделало лишней гальваническую связь указателя с землей, так как ток, достаточный для надежной индикации напряжения, обеспечивался емкостной связью (рис. 6):

$$I = 2\pi f C_p U_\phi, \quad (1)$$

где I — ток через указатель; U_ϕ и f — напряжение и частота источника напряжения; C_p — распределенная емкость «указатель — земля».

В этом случае конструктивные элементы указателя, электрически соединенные с электродом неоновой лампы, имеют достаточную емкость относительно земли. Указатели напряжения этого типа называются емкостными. Они широко применяются в электроустановках переменного тока промышленной частоты напряжением 2—110 кВ и отличаются надежностью и простотой технического обслуживания.

Емкостные указатели напряжения простейшей конструкции оказываются, однако, неприменимыми для индикации напряжения на проводах ВЛ 6—10 кВ с деревянными и железобетонными опорами, а также из корзин гидроподъемников и телескопических вышек. Это было установлено как практикой их применения, так и специально проведенными исследованиями. В связи с этим в выпускаемых для электроустановок 6—10 кВ указателях напряжения типов УВН-10 и УВН-80М предусматривается возможность обеспечения гальванической связи с землей. Для этой цели указатели содержат винтовой разъем, соединенный с электрической схемой указателя (рис. 7). Винтовой разъем, помимо того, что он служит для присоединения заземляющего проводника, выполняет функции конструктивного элемента, соединяющего рабочую и изолирующую части указателя.

Проверку отсутствия напряжения на ВЛ 6—10 кВ в указанных случаях предписывается производить с обязательным заземлением рабочей части указателей УВН-10 и УВН-80М при помощи гибкого медного провода сечением не менее 4 мм² с кольцеобразным наконечником, закрепляемым в винтовом разъеме. Заземляющий проводник присоединяется к штырю, заглубляемому в грунт на глубину не менее 0,5 м.

В последнем случае ток через указатель определяется по-прежнему формулой (1) с заменой C_p на $C/3$, где C — номинальная емкость конденсаторов $C1—C3$. При $C=390$ пФ ток I составляет около 1,4 мА (при $U_{\phi} = 6/\sqrt{3}$ кВ). При отсутствии заземления рабочей части емкость C_p можно оценить по формуле

$$C_p \approx 4\pi\epsilon_0 r,$$

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — диэлектрическая постоянная; r — среднегеометрический размер конструктивных элементов указателя, определяющих емкостную связь с землей.

Значение r в подобных конструкциях составляет несколько сантиметров, в результате чего C_p имеет порядок единиц пикофард, ток не превышает нескольких микроампер, что недостаточно для яркого свечения неоновой лампы.

Из сопоставления приведенных выше цифр следует, что традиционные указатели емкостного типа не в состоянии обеспечить надежную индикацию напряжения

на ВЛ 6—10 кВ без заземления рабочей части. В то же время применение заземления является шагом назад в развитии средств защиты, используемых в электроустановках, так как затрудняет подготовку рабочего места, требует особой внимательности и осторожности при проверке отсутствия напряжения.

Указатель напряжения импульсного типа. Необходимость создания указателя напряжения, работоспособного на ВЛ 6—10 кВ с деревянными и железобетонными опорами без заземления его, привела к разработке схем, основанных на принципе накопления заряда (рис. 8).

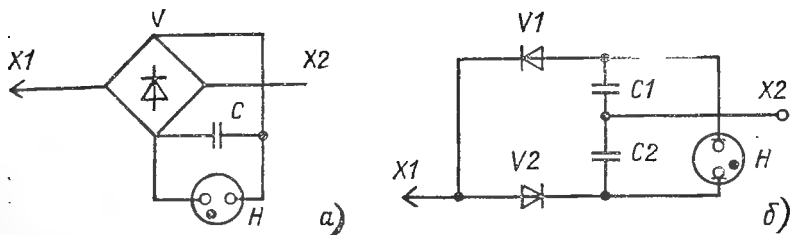


Рис. 8. Электрическая схема указателя импульсного действия:
а — с мостовой схемой выпрямителя; б — с удвоением напряжения

Схема включения указателя соответствует приведенной на рис. 1, а емкостный ток, протекающий через него, определяется формулой (1). Рассмотрим вначале работу схемы на рис. 8, а.

Указатель содержит контакт-наконечник $X1$, касающийся токоведущей части при индикации напряжения, диодный мост V , электрод $X2$, обеспечивающий емкостную связь с землей, накопительный конденсатор C и неоновую лампу H . Электрическая схема указателя представляет собой релаксационный генератор с неоновой лампой и выпрямителем емкостного тока. Схема не содержит активных элементов и поэтому не нуждается в источнике питания.

Указатель работает следующим образом. Емкостный ток, проходя через контакт-наконечник $X1$, диодный мост V и распределенную емкость C_p (между электродом $X2$ и землей), заряжает конденсатор C . По достижении напряжения, равного напряжению зажигания лампы, последняя вспыхивает, разряжая конденсатор. Далее процесс периодически повторяется.

Эффект принципа накопления заряда в данном случае сводится к тому, что протекающий через указатель малый емкостный ток, не вызывающий отчетливого свечения лампы, заряжает конденсатор C . Заряд, накопленный в конденсаторе за период повторения, достаточен для яркой вспышки неоновой лампы. Таким образом достигается не только резкое повышение чувствительности указателя, но и улучшение различимости сигнала.

При отсутствии утечек оптимальное отношение напряжения зажигания лампы к амплитудному значению напряжения ВЛ равно 0,42. В этом случае мощность, отбираемая указателем от линии, максимальна. Например, для ВЛ 6 кВ оптимальное значение напряжения зажигания лампы составляет 3,5 кВ. Лампы с таким высоким напряжением зажигания не выпускаются. Тем не менее из проведенного анализа следует важный вывод: в рассматриваемой схеме выгодно использовать лампы с возможно более высоким напряжением зажигания. Практически применима лампа типа ТНУВ с напряжением зажигания до 550 В.

Необходимое значение емкости конденсатора C , пФ, можно определить по следующей приближенной формуле:

$$C = 2 \sqrt{\frac{2}{3} \frac{\pi f U C_p T}{U_3}},$$

где T — требуемый период повторения вспышек, с; U — напряжение ВЛ, кВ; C_p — распределенная емкость, пФ; U_3 — напряжение зажигания лампы, кВ; $f = 50$ Гц.

Схема, показанная на рис. 8, б, отличается от предыдущей лишь тем, что вместо выпрямительного моста в ней использована схема удвоения напряжения. Яркость вспышек и период повторения остаются прежними (при условии, что емкости конденсаторов $C1$ и $C2$ вдвое больше емкости конденсатора C), так как емкостный ток, определяемый емкостным сопротивлением «указатель — земля», не изменяется. Практически предпочтительность той или иной схемы определяется стоимостью входящих в них элементов: в первом случае требуется четыре диода и один конденсатор, во втором — два диода и два конденсатора.

Указатель УВНИ-10. Схема разработанного СКТБ

ВКТ Мосэнерго указателя напряжения 6—10 кВ УВНИ-10 показана на рис. 9.

В схеме указателя применены кремниевые диоды высокого качества типа КД102А с обратным током не более 0,1 мкА (по два в каждом плече) и конденсаторы

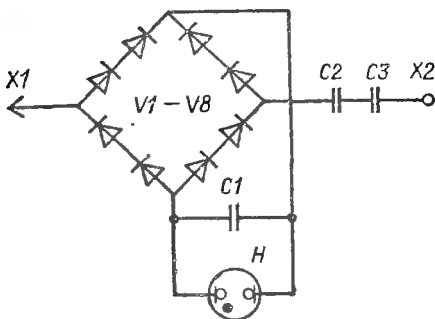


Рис. 9. Принципиальная электрическая схема указателя УВНИ-10: $V1-V8$ — диоды КД102А; $C1$ — конденсатор К74-8 — 0,047 мкФ, 630 В; H — неоновая лампа ТНУВ; $C2, C3$ — конденсаторы ПОВ — 16 кВ, 120 пФ $\pm 20\%$

с минимальными утечками (пленочные). Плата, на которой монтируется схема, должна изготавливаться из высококачественного изоляционного материала. В противном случае из-за увеличения утечек эффективность работы указателя снижается или он вообще становится неработоспособным.

Последовательно в цепь включены два высоковольтных конденсатора $C2$ и $C3$. Они не оказывают влияния на работу схемы, но обеспечивают электрическую прочность рабочей части указателя, предписываемую Правилами [2] и государственным стандартом.

Внешний вид указателя показан на рис. 10. Конструктивно указатель состоит из двух сочленяющихся звеньев: рабочей и изолирующей частей с рукояткой. Внутри корпуса рабочей части, изготавливаемой из

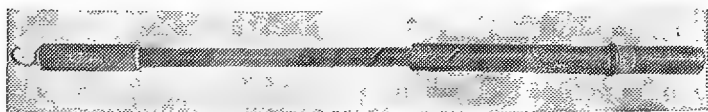


Рис. 10. Указатель напряжения УВНИ-10

бумажно-бакелитовых трубок, размещаются плата с элементами схемы ($V1—V8$, $C1$, H на рис. 9) и металлическая трубка, играющая роль электрода $X2$, обеспечивающего емкостную связь с землей. Изолирующие конденсаторы $C2$, $C3$ помещены в изолирующую трубку небольшого диаметра. Изолирующая часть с рукояткой изготовлены из бумажно-бакелитовой трубки. Рабочая и изолирующая части сочленяются с помощью резьбового разъема.

Основные технические характеристики указателя УВНИ-10

Напряжение зажигания, кВ	Не более 1,5
Габариты, мм:	
длина изолирующей части	230
длина рукоятки	110
общая длина:	
в сложенном состоянии	500
в рабочем состоянии	840
Масса, кг	0,4

Указатель УВНИ-10 выпускается заводом РЭТО Мосэнерго по ТУ 34-31-10667-84.

Порядок работы с указателем УВНИ-10 и меры безопасности определяются соответствующими разделами [1] и [2]. Однако при работе с указателем следует помнить о его специфических особенностях. Импульсный характер индикации напряжения приводит к тому, что первая вспышка лампы происходит не сразу же после касания контактом-наконечником токоведущей части, а через 1—2 с (после заряда конденсатора $C1$ до напряжения зажигания неоновой лампы). Вследствие этого длительность прикосновения к проверяемой токоведущей части должна быть не менее 10 с (при отсутствии сигнала).

Указатель УВНИ-10 обеспечивает надежную индикацию напряжения во всех электроустановках напряжением 6—10 кВ, в том числе на ВЛ с деревянными и железобетонными опорами (рис. 11). Поэтому нет никакой необходимости в заземлении рабочей части, тем более, что это приводит, как указывалось, к ухудшению условий безопасности. Тем не менее следует отметить, что при ошибочном заземлении рабочей части аварии не произойдет, так как необходимая электрическая проч-

ность обеспечивается изолирующими конденсаторами С2, С3 (см. рис. 9).

Испытания указателей УВНИ-10. Повышенная в сравнении с указателями типов УВН-10, УВН-80М чувствительность указателя УВНИ-10 приводит к тому, что оп-

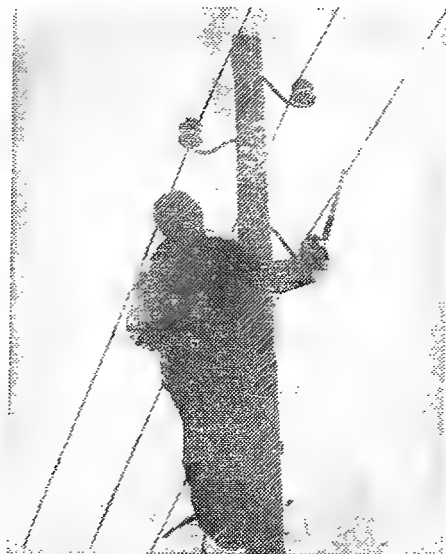


Рис. 11. Проверка отсутствия напряжения с железобетонной опоры ВЛ 10 кВ с помощью указателя напряжения УВНИ-10

ределение напряжения зажигания согласно правилам (напряжение прикладывается к контакту-наконечнику и резьбовому разьему) может привести к неточным результатам, а при испытании рабочей части повышенным напряжением при той же схеме включения через указатель протекает недопустимо большой ток. Вследствие этого испытательное напряжение должно прикладываться к контакту-наконечнику и бандажу из намотанного на рабочую часть провода (или фольги), как показано на рис. 12. Испытания изолирующей части проводятся по стандартной методике.

Бесконтактные указатели напряжения. Современный уровень развития микрорадиоэлектроники позволил разработать указатели высокого напряжения бесконтакт-

ные (УВНБ) без недостатков, характерных для указателей, работающих на принципе протекания емкостного тока (УВН-80, УВН-10 и др.). Принцип работы бесконтактных указателей не зависит от значения емкостного тока, протекающего по цепи указатель — изолирующая часть — оператор — земля.

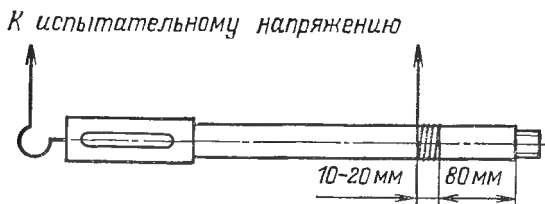


Рис. 12. Подключение и напряжения при испытании рабочей части и определении напряжения зажигания указателя УВН-10

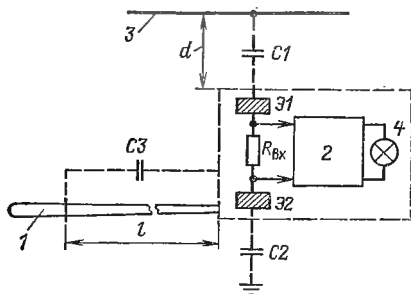


Рис. 13. Принцип работы бесконтактных указателей:

1 — изолирующая часть (штанга); 2 — транзисторная схема; 3 — токоведущая часть; 4 — индикатор; 31, 32 — электроды; C1 — емкость между электродом 31 и токоведущей частью; C2 — емкость между электродом 32 и землей; C3 — емкость изолирующей части; l — длина изолирующей части; d — расстояние между корпусом и токоведущей частью, при котором срабатывает указатель

Принцип действия бесконтактных указателей высокого напряжения основан на измерении переменного электрического поля вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением. Принцип работы УВНБ поясняет рис. 13. Между двумя электродами 31 и 32, помещенными в электрическое поле 50 Гц, наводится разность потенциалов, обусловленная последовательным соединением емкости конденсатора C1 и суммарных емкостей конденсаторов C2 и C3. Наведенная на электродах ЭДС создает на входном сопротивлении $R_{вх}$ транзи-

сторонней схемы управляющий ток, который, воздействуя на схему, включает индикатор — лампочку накаливания. Значение управляющего тока при заданном номинальном напряжении $U_{\text{ном}}$ на токоведущей части и выбранном расстоянии d будет определяться общей емкостью $C_1(C_2 + C_3)/(C_1 + C_2 + C_3)$.

При напряжении на токоведущей части $U_{\text{ном}} = 6$ кВ, расстоянии, при котором срабатывает указатель, $d \geq 50$ мм и длине изолирующей части (штанги), с помощью которой указатель вносится в электрическое поле, $l = 300$ мм емкость $C_3 \ll C_2$.

Для напряжений выше 6 кВ длина изолирующей части $l > 300$ мм. Следовательно, емкость C_3 практически не влияет на управляющий ток или управляющий ток зависит только от результирующей емкости:

$$C_{\text{рез}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Таким образом, длина изолирующей части $l \geq 300$ мм не влияет на работу бесконтактного указателя напряжения.

Работа бесконтактного указателя с изолирующей штангой любой длины без дополнительных заземлений — это первое основное преимущество по сравнению с указателями, выполненными на газоразрядных лампах. Это преимущество используется в первую очередь при работах на ВЛ с деревянными опорами.

Наличие транзисторной схемы и встроенного источника питания позволяет в любой момент проверять работоспособность самого устройства — это второе важное преимущество.

Третьим преимуществом бесконтактных указателей является расширение области их применения. Загорание лампочки накаливания свидетельствует о наличии напряжения на контролируемом объекте. По расстоянию от токоведущих частей, на котором срабатывает указатель, можно судить о значении контролируемого напряжения. Осуществление качественного и количественного контроля напряжения дает возможность определять обрыв фазы в радиальных воздушных сетях 6—10 кВ (при обрыве фазы со стороны питающего центра за местом обрыва на поврежденной фазе будет пониженное относительно других фаз напряжение за счет гальванических

связей в трансформаторах трансформаторных подстанций — ТП, в том числе мачтовых — МТП).

Расстояние срабатывания на поврежденной фазе будет в два раза меньшим, чем на неповрежденных.

Чувствительность указателей типа УВНБ измеряется расстоянием срабатывания (зажигание лампы накаливания) при приближении рабочей части к токоведущему проводу (оборудованию), находящемуся под высоким напряжением. Отсутствие высокочувствительных измерителей напряженности поля 50 Гц, способных измерять милливольты, деленные на метр, осложняет настройку указателей при их изготовлении на заводе и тем более при изготовлении их в кустарных условиях. Указатель с излишне высокой чувствительностью дает ложные показания на отключенных, но незаземленных токоведущих частях из-за наличия наведенного потенциала от расположенного рядом высоковольтного оборудования, находящегося под напряжением. Поэтому указатель применим в ограниченном диапазоне напряжений 6—35 кВ.

Напряженность электрического поля 50 Гц зависит от многих факторов: в первую очередь, от значения напряжения на объекте, от конфигурации токоведущих частей, расстояния между ними, от экранирующего действия расположенного рядом оборудования, ограждений, траверс, типа опор, расположения проводов и т. д. Следовательно, расстояние срабатывания УВНБ при одном и том же классе напряжения, но в разных условиях будет разное.

Следует учитывать психологию оператора, который обязательно коснется указателем токоведущей части, находящейся под напряжением, хотя указатель уже сработал на расстоянии от этой токоведущей части.

Все приведенные искомые величины определялись опытным путем в периоды разработки указателя и эксплуатации опытных партий.

Указатель высокого напряжения бесконтактный УВНБ-6 — 35 кВ. Из серии разработок указатель УВНБ-6—35 кВ является девятой моделью, вобравшей в себя наилучшие качества предыдущих моделей. Указатель предназначен для определения наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях высоковольтного оборудования ВЛ и подстанций 6—35 кВ.

Указатель относится к основным средствам защиты, применяемым обслуживающим и ремонтным персоналом

электрических станций, подстанций и линий электропередачи.

Указатель состоит из двух частей: рабочей и изолирующей. Общий вид указателя приведен на рис. 14. Изолирующая часть выполнена из четырехзвенной стеклопластиковой штанги.



Рис. 14. Общий вид указателя высокого напряжения бесконтактного типа УВНБ-6 — 35

В указателе применена прерывистая световая индикация, что обеспечивает четкую видимость при ярком солнечном освещении и вдвое продлевает срок службы встроенного источника питания. Питание осуществляется от трех герметичных аккумуляторов типа Д-0,25, для подзарядки которых указатель комплектуется зарядным устройством.

Технические характеристики

Габариты рабочей части $67 \times 67 \times 51$ мм, масса рабочей части 0,15 кг; габариты изолирующей части в рабочем положении 1016 мм, в транспортном положении 450 мм; масса изолирующей части 0,3 кг.

Включение указателя осуществляется автоматически

при сочленении рабочей части с изолирующей частью, выключение — при расчленении рабочей части с изолирующей частью. Указатель снабжен кнопкой контроля его исправности, нажатием которой определяется исправность прибора перед его употреблением.

Чувствительность указателя, т.е. минимальное расстояние между рабочей частью и токоведущей частью, находящейся под напряжением 6 кВ, не менее 50 мм.

Указатель рассчитан на работу в диапазоне температур от -30 до $+40$ °С. Время непрерывной работы указателя в режиме индикации не менее 1 ч, а при -30 °С не менее 0,5 ч.

Номинальное значение напряжения питания 3,6 В. Указатель удовлетворительно работает при разрядке аккумуляторной батареи до напряжения 3 В.

Токи, потребляемые указателем при напряжении 3,6 В:

в режиме индикации не более 100 мА;

в ждущем режиме (без индикации) не более 15 мА.

По устойчивости к механическим воздействиям указатель соответствует ГОСТ 12997—84.

Изолирующая часть указателя рассчитана на рабочее напряжение до 35 кВ.

Зарядное устройство указателя обеспечивает зарядку аккумуляторной батареи от сети 220 В частотой 50 Гц. Ток заряда аккумуляторной батареи зарядного устройства указателя -15 ± 5 мА.

В комплект поставки указателя входят следующие составные части: рабочая часть; изолирующая часть; зарядное устройство; защитный чехол; инструкция по эксплуатации, совмещенная с паспортом.

Требования безопасности:

изолирующая часть указателя выдерживает испытательное напряжение 105 кВ в течение 5 мин. Испытание изолирующей части производится ежегодно;

рабочая часть имеет собственную проверку, поэтому не требует каких-либо периодических дополнительных проверок при условии сохранности пломбы.

Для повышения надежности работы в указателе сведены к минимуму гальванические контакты. Единственным механическим контактом является кнопка контроля — микропереключатель МП-7. Включение и выключение указателя осуществляются с помощью геркона, встроенного в рабочей части. Контакты геркона замыка-

ются магнитным полем от постоянного магнита, вклеенного в сочленительный штифт изолирующей части.

Допуск к схеме, источнику питания и лампочке накаливания исключен без нарушения контрольной пломбы. Это обеспечивает высокую надежность и исключает бесконтрольную повреждаемость указателя.

Принципиальная схема указателя УВНБ-6—35 приведена на рис. 15. Датчиком сигнала является электрод Э. С электрода сигнал поступает на вход усилителя, выполненного на транзисторах $V1$, $V2$ и $V3$. Усилитель напряжения является одним из ответственных узлов указателя. Значение коэффициента усиления определяет чувствительность указателя. От стабильности коэффициента усиления зависит правильная работа указателя

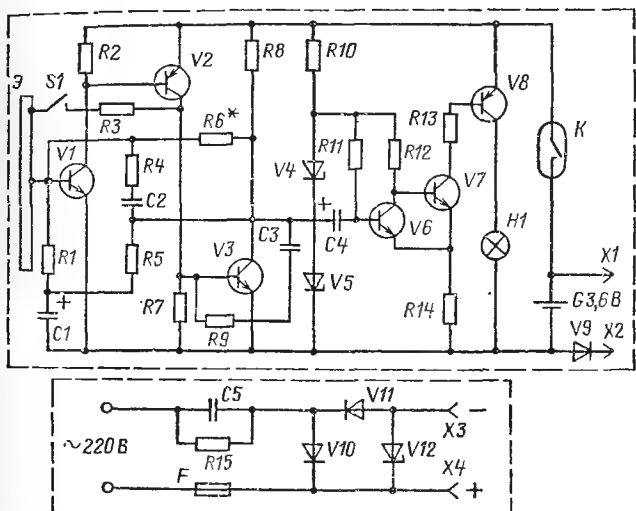


Рис. 15. Принципиальная схема указателя типа УВНБ-6—35. Перечень элементов:

конденсаторы: $C1$ — КЭ3-14, 6,3 В, 33 мкФ $\pm 20\%$; $C2$ — КМ-56-Н30, 1500 пФ $\pm 20\%$; $C3$ — КМ-56-Н30, 0,068 мкФ $\pm 20\%$; $C4$ — КЭ3-14, 6,3 В, 33 мкФ $\pm 20\%$; $C5$ — МБМ, 250 В, 0,5 мкФ $\pm 10\%$; резисторы типа МЛТ-0,125: $R1$ — 13 кОм $\pm 5\%$; $R2$ — 1,1 кОм $\pm 5\%$; $R3$ — 51 кОм $\pm 5\%$; $R4$ — 1,1 кОм $\pm 5\%$; $R5$ — 110 кОм $\pm 5\%$; $R6^*$ — 200 кОм (подбирается в диапазоне 150 кОм—240 кОм); $R7$, $R8$ — 1,1 кОм $\pm 5\%$; $R9$ — 100 кОм $\pm 5\%$; $R10$ — 270 Ом $\pm 5\%$; $R11$ — 13 кОм $\pm 5\%$; $R12$ — 4,3 кОм $\pm 5\%$; $R13$ — 510 Ом $\pm 5\%$; $R14$ — 130 Ом $\pm 5\%$; типа МЛТ-0,5: $R15$ — 470 кОм $\pm 5\%$; транзисторы: $V1$ — КТ306Б; $V2$ — КТ350А; $V3$ — КТ306Б; $V4$, $V5$ — Д814Г; $V6$, $V7$ — КТ306Б; $V8$ — КТ350А; диоды и стабилитроны: $V4$, $V5$ — Д814Г; $V9$ — В11 — Д104; $V12$ — КС139А; $H1$ — лампа МН 2,5-0,068; F — предохранитель ПМ-0,15; G — аккумулятор Д-0,25—3 шт.; $S1$ — микропереключатель МП7Ш; K — контакт электрический магнитоуправляемый КЭМ-2Б; Э — электрод (металлическая пластина)

в диапазоне рабочих температур. Усиленный сигнал поступает на вход порогового устройства (транзисторы $V6, V7$) — триггер Шмитта. На вход триггера одновременно поступает опорное напряжение со стабилитронов $V4, V5$. При достижении алгебраической суммы напряжений сигнала и опорного напряжения порогового значения триггер опрокидывается и выдает сигнал через резистор $R13$ на вход выходного каскада $V8$, в коллекторную цепь которого включен индикатор — лампочка накаливания $H1$.

В указателе предусмотрена проверка работоспособности прибора, которая осуществляется с помощью имитации минимального входного сигнала положительной обратной связью, подаваемой на электрод — пластину Э микропереключателем $S1$. Диод $V9$ предназначен для защиты встроенного источника питания от коротких замыканий выводов $X1$ и $X2$.

Настройка и испытания указателей УВНБ. Изолирующая часть испытывается согласно [2]. Периодичность испытаний 1 раз в 13 мес. Испытательное напряжение 105 кВ, продолжительность 5 мин.

Рабочая часть в эксплуатации не требует никаких испытаний при наличии пломбы завода-изготовителя. Собственная проверка контролирует исправность рабочей части указателя.

Настройка указателя и проверка его чувствительности в случае нарушения пломбы осуществляются в специальной экранированной камере (комнате) (рис. 16). Экранированная камера 1 предназначена для ослабления электромагнитных полей, мешающих при настройке и проверке УВНБ. Для исключения проникновения помех по цепям питания силовые и осветительные установки экранированной камеры подключаются через разделительный трансформатор.

Установка для создания электрического поля 50 Гц состоит из трансформатора типа ЛАТР 8, трансформатора НОМ-10 7, провода-излучателя 3, подвешенного через изоляторы 2 и натянутого с помощью груза 6.

Настройка и проверка указателей типа УВНБ в экранированной камере выполняются методом сравнения чувствительности с эталонным образцом. Эталонный образец используется вместо измерителя напряженности электрического поля 50 Гц и настраивается на дейст-

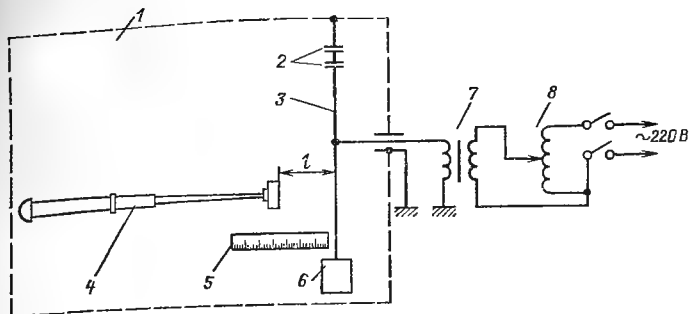


Рис. 16. Схема испытания УВНБ-6—35 в экранированной камере

вующем оборудовании напряжением 6 кВ разработчиком указателей типа УВНБ СКТБ ВКТ Мосэнерго.

По эталонному образцу выставляется расстояние l от провода-излучателя до тыльной стороны указателя 4 при напряжении 3—5 кВ. Расстояние отмечают по изоляционной линейке 5, укрепленной на рабочем диэлектрическом столе. Удобное для работы расстояние и высокое напряжение (надо найти сочетание, когда расстояние в см и высокое напряжение в кВ были бы целыми величинами, удобными для отсчета) будут являться эталонными при следующих условиях:

оператор при проверке находится на одинаковом удалении от провода-излучателя;

оборудование установки, приборы и оператор постоянно занимают свои места, поскольку при перемещении может измениться напряженность электрического поля 50 Гц.

Чувствительность указателя соответствует требованиям ТУ при отклонении расстояний срабатывания относительно эталонного образца не более ± 15 мм. Подстройка чувствительности осуществляется подбором резистора R_6 (см. рис. 15). Величина обратной связи для собственного контроля указателя подбирается резистором R_3 , частота опрокидывания мультивибратора (мигания лампочки накаливания) — подбором емкости конденсатора C_4 .

Указатель типа УВНБ-6—35 кВ выпускается серийно Киевским опытно-экспериментальным заводом средств автоматики и управления ПО «Союзэнергоавтоматика».

2. УКАЗАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ФАЗИРОВКИ

Перед первым включением в трехфазную электрическую сеть и после ремонтов (с возможным изменением первоначального чередования фаз) генераторы, трансформаторы, линии электропередачи подвергаются процессу фазировки.

Фазировка состоит из трех этапов:

- 1) проверки очередности следования фаз;
- 2) проверки одноименности фаз;
- 3) проверки совпадения одноименных фаз.

При фазировке линий электропередачи и силовых трансформаторов, работающих в одной системе, достаточно выполнения 2-го и 3-го этапов (генераторы в системе работают совместно, поэтому исполнение 1-го этапа не требуется).

Разработанные в Мосэнерго указатели напряжения предназначены только для проверки совпадения фаз на линиях электропередачи кабельных и воздушных и трансформаторах, работающих в одной системе, т.е. питающихся от общего источника энергии. Разработаны указатели двух типов:

УВНФ-10 — для электроустановок 3, 6, 10 кВ;

УВНФ-35—110 — для электроустановок 35 и 110 кВ.

Указатель напряжения для фазировки УВНФ-10.

Широкое развитие электрических сетей напряжением 6 и 10 кВ выявило необходимость повышения уровня их оперативного обслуживания. Достаточно остро встал вопрос о проверке совпадения фаз прямым способом в связи с тем, что традиционный метод фазировки, проводимый с применением стационарных или переносных трансформаторов напряжения, отличался трудоемкостью, снижал надежность электроснабжения и уровень электробезопасности.

В практике эксплуатации электроустановок Московской кабельной сети в 1935 г. впервые было применено устройство для прямой фазировки, состоящее из серийного указателя напряжения до 10 кВ типа УВН-80 (работающего на принципе протекания емкостного тока) и специально разработанной трубки с добавочным сопротивлением. Сопротивление резисторов в трубке 7 МОм. Трубка испытывалась напряжением 10 кВ. Указатель и трубка соединялись гибким изолированным проводом с изоляцией на 20 кВ. Длина провода позволяла

производить манипуляции на выключателях и разъединителях кабельной сети. Устройство выпускалось единичными образцами.

При фазировке сигнальная неоновая лампа указателя, включенного на одноименные фазы, не светится (схе-

Рис. 17. Электрическая схема указателя напряжения УВН-80 с трубкой для фазировки:

H — неоновая лампа УВН; Π — соединительный провод; C — конденсатор (фольгированный бумажно-бакелитовый цилиндр) 100 пФ, $U_p = 20$ кВ; $R1-R7$ — резисторы МЛТ-2, 1 МОм

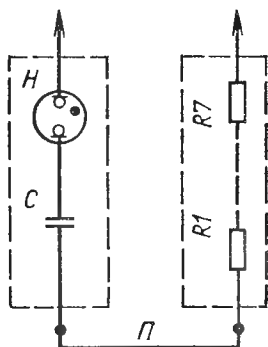
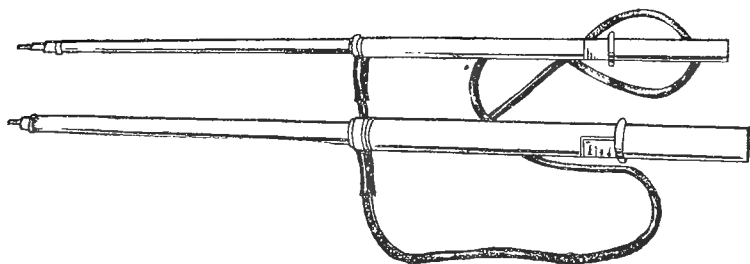


Рис. 18. Указатель напряжения УВН-80 с трубкой для фазировки



ма «согласного» включения), при разноименных фазах (схема «встречного» включения) под воздействием линейного напряжения имеет место яркое свечение лампы. Электрическая схема показана на рис. 17, внешний вид — на рис. 18.

В связи с необходимостью массового оснащения предприятий указателями напряжения для фазировки на 3—10 кВ в Мосэнерго был разработан промышленный образец такого устройства на базе прибора Московской кабельной сети. При разработке опытного образца в результате экспериментов было установлено, что по основным параметрам (напряжению зажигания в схеме «согласно» и напряжению зажигания в схеме «встреч-

но») устройство не соответствует требованиям [2]. Реальные указатели имели напряжение зажигания в схеме «согласно» 4000—8000 В при норме 12 700 В, в схеме «встречно» 400—500 В при норме от 1500 до 2500 В. Пониженные уровни напряжений зажигания были в целом ряде случаев причиной ошибок при фазировке: сигнальная неоновая лампа указателя давала сигнал как при сфазированном, так и несфазированном напряжении, правда, в последнем случае более яркий, но, тем не менее, были ошибки со стороны недостаточно опытного персонала.

В результате лабораторных исследований установили, что причиной свечения лампы указателя от одноименных фаз (схема «согласно») является непосредственное воздействие емкостного потенциала в цепи фаз — земля на обладающую высокой чувствительностью неоновую лампу.

Емкость лампы (вместе с металлическими элементами монтажа, конденсаторами, соединительным проводом) на землю определяется расстоянием указателя от заземленных конструкций. Эта емкость имеет определенное значение для каждого конкретного расположения указателя, и отсюда разные значения напряжения зажигания. Например, при расстоянии между указателем и заземленной конструкцией 1,5 м напряжение зажигания составляет 7 кВ, при 0,2 м — 4 кВ.

Таким образом, фактор, являющийся условием обеспечения работоспособности указателя, работающего на принципе протекания емкостного тока (УВН-80, УВН-10), в случае устройства для фазировки играет отрицательную роль.

Для снижения емкостного потенциала, действующего на лампу, была предложена схема емкостного делителя напряжения, при котором на лампу ложится только часть наводимого напряжения, определяемая значением шунтирующей ее емкости. Эксперименты выявили возможность регулирования напряжения зажигания в широких пределах как в схеме «согласно», так и в схеме «встречно». На рис. 19 представлен график зависимости напряжений зажигания указателя в зависимости от шунтирующей емкости ($U_c = f(C)$ — схема «согласно»; $U_v = f(C)$ — схема «встречно»).

Для электроустановок 3—10 кВ в качестве оптимального варианта принята емкость 200 пФ. При этом $U_c =$

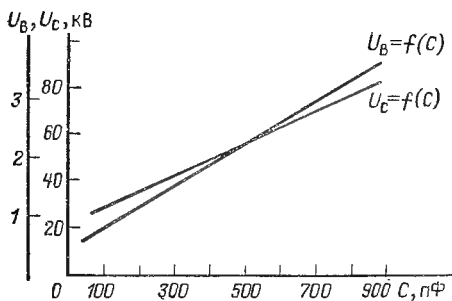


Рис. 19. График зависимости напряжений зажигания «согласно» и «встречно» от шунтирующей емкости

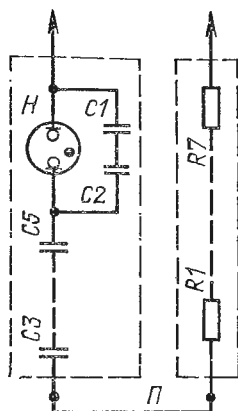


Рис. 20. Электрическая схема УВНФ-10:

H — неоновая лампа ГНУВ; $C1, C2$ — шунтирующие конденсаторы ПОВ-390, 16 кВ; $C3—C5$ — добавочные конденсаторы ПОВ-390, 16 кВ; $R1—R7$ — резисторы МЛТ-2, 1 МОм; Π — провод соединительный

$=1200$ В и $U_B=30\,000$ В. Оба эти напряжения имеют некоторый диапазон разброса, так как параметры неоновой лампы не отличаются стабильностью.

В серийном указателе, выпускаемом с наименованием УВНФ-10, в качестве шунтирующей емкости применены два последовательно включенных конденсатора ПОВ-390, которые применяются также в указателях УВН-80 и УВН-10 в качестве добавочных.

Введение шунтирующей емкости повысило напряжение зажигания указателя до реальных эксплуатационных значений, что оказалось весьма полезным при замыкании транзитов в кабельных сетях, где разность напряжений в разрыве одноименных фаз может превышать 500—600 В и привести к ложной индикации в случае указателя с соответствующим низким напряжением зажигания в схеме «встречно».

Электрическая схема УВНФ-10 представлена на рис. 20. Указатель имеет такой же внешний вид, как и указатель УВН-80 (рис. 18).

Основное назначение указателя: проведение фазировки в закрытых распреустройствах и — при соблюдении повышенной осторожности — на столбовых разъединителях ВЛ.

Для надежного распознавания сигнала при ярком

наружном освещении применяется затенитель (см. рис. 26).

Указатель смонтирован в разборных трубчатых корпусах из бумажно-бакелитовых трубок.

Технические характеристики

Размеры в рабочем положении, мм (каждый корпус)	745×20
Длина провода, мм	1000
Напряжение зажигания, В:	
схема «встречно»	1500—2500
схема «согласно»	12 700, не менее
Масса, кг	0,7

Порядок работы с УВНФ-10. Работа указателя обеспечивается только при двухполюсном его подключении к электроустановке.

Фазирование ведется двумя лицами, из которых одно лицо с группой по электробезопасности не ниже IV осуществляет контроль за действиями оператора с группой не ниже III. При этом выполняются все необходимые мероприятия для обеспечения безопасности. Применение диэлектрических перчаток обязательно.

Указатель извлекается из футляра и подвергается наружному осмотру. По истечении срока годности (согласно штампу периодических испытаний), при нарушении целости лакового покрытия, защитного стекла (на смотровой щели), сигнальной лампы, соединительного провода и других повреждениях прибор изымается из эксплуатации.

Проверяется исправность указателя на рабочем месте. Для этого осуществляется двухполюсное подключение прибора к земле и фазе или к двум фазам (в установках 3 кВ). Сигнальная лампа исправного указателя должна ярко светиться.

Проверяется наличие напряжения на всех фазах обеих фазлируемых цепей по схеме «земля — фаза» или «фаза — фаза» (в установках 3 кВ).

При фазировке один полюс указателя подключается к крайней фазе одной из фазлируемых цепей, другим полюсом поочередно касаются всех трех фаз другой фазлируемой цепи. Отсутствие свечения сигнальной лампы свидетельствует о том, что фазы одноименны («согласное» включение), наличие свечения — о том, что они разноименны («встречное» включение). Фазировка ведется последовательно на всех трех фазах.

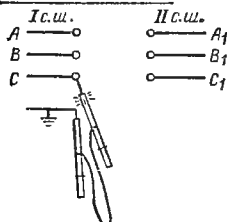
При разности напряжений между одноименными фазами (напряжение в «транзите»), не превышающей напряжение зажигания указателя, сигнальная лампа указателя светиться не будет.

Порядок проведения фазировки представлен на рис. 21.

Указатель следует хранить в футляре в закрытых помещениях при температуре воздуха от -40 до $+50^{\circ}\text{C}$

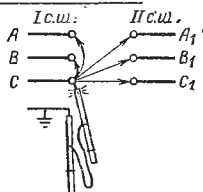
I Проверка исправности указателя

1. Установка 6 и 10 кВ

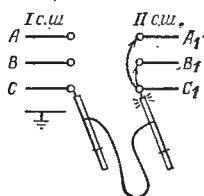


II Проверка наличия напряжения

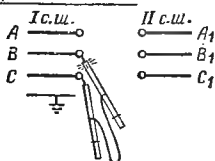
1. Установка 6 и 10 кВ



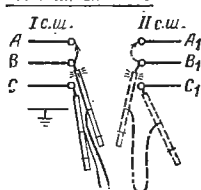
III Формирование



2. Установка 3 кВ



2. Установка 3 кВ



По аналогии с С
фазироваться шины
В и А

Рис. 21. Порядок фазирования

и относительной влажности не более 80 %. Указатель при хранении не должен подвергаться воздействию ударов, кислот, щелочей, растворителей и др.

Ежегодно производятся периодические испытания указателя в соответствии с требованиями [2]. После падения и ударов производится внеочередная проверка.

Указатели напряжения для фазировки воздушных линий 6 и 10 кВ. По заданию Мосэнерго на базе указателя УВНФ-10 была разработана и изготовлена партия указателей для проведения фазировки на столбовых разъединительных ВЛ 6 и 10 кВ с обеспечением достаточного уровня электробезопасности. С этой целью была увеличена длина рабочих частей обоих корпусов указателя до 700 мм для большего удаления оператора от токове-

дущих частей разъединителя. Указатель снабжен зате-
нителем.

Указатель напряжения для фазировки УВНФ-35—110.
Проведение фазировки в электроустановках 35 кВ и вы-
ше косвенным методом, с применением стационарных
шинных трансформаторов напряжения, является весьма
трудоемкой операцией. При этом проводится большое
количество переключений с помощью разъединителей
для освобождения одной из систем шин с трансформа-
тором напряжения на время проведения фазировки с по-
следующим восстановлением нормальной схемы под-
станции. Операции снижают надежность электроснабже-
ния, затягивают время включения оборудования,
приводят к обесточению потребителей.

Известно, что проведение фазировки прямым мето-
дом осуществляется в кратчайший срок с минимальны-
ми трудозатратами. Эксплуатационниками разработаны
и изготовлены в единичных экземплярах некоторые кон-
струкции устройств для фазировки прямым методом на
напряжение 35 кВ и выше. Указатель для фазировки на
35 и 110 кВ, разработанный в Мосэнерго, является се-
рийным образцом, внедренным на большинстве пред-
приятий Мосэнерго.

Конструкция указателя является дальнейшим разви-
тием прибора УВНФ-10. Здесь также применен делитель
напряжения для снижения наведенного емкостного по-

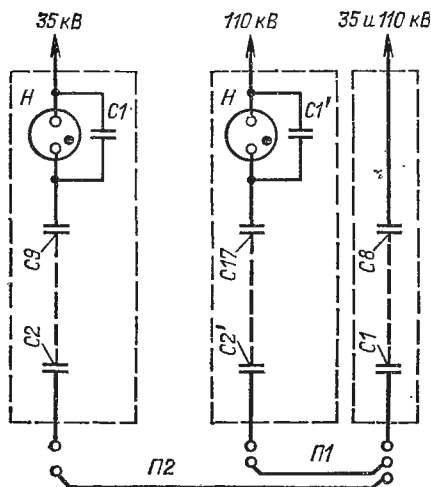


Рис. 22. Электрическая
схема УВНФ-35 — 110:

Н — неоновая лампа ТНУВ;
C1 — конденсатор ПСО-500,
1000 пФ; *C1'* — конденсатор
ПСО-500, 2000 пФ; *C2* — *C9*,
C2' — *C17*, *C1* — *C8* — конденса-
торы К-74-7, 390 пФ, 16 кВ;
П1 и *П2* — соединительные
провода ПВЛ

тениала на сигнальную лампу. Электрическая схема указателя содержит контактные электроды; неоновую лампу; добавочные конденсаторы, определяющие электрическую прочность и надежность схемы, и конденсаторы, шунтирующие лампу с целью нормирования емкостного потенциала. Конструктивно указатель смонтирован в двух разъемных трубчатых изолирующих корпусах, содержащих рукоятки, изолирующие и рабочие части. Элементы электрической схемы смонтированы в рабочих частях, соединенных гибким изолированным проводом. Указатель имеет три рабочие части: общую, на 35 кВ и на 110 кВ, и соединительные провода на 35 и 110 кВ соответствующей длины. Первоначальный вариант указателя с рабочей частью на 35—110 кВ не обеспечивал надежной индикации.

Рабочие части на 35 и 110 кВ снабжены затенителями. Электрическая схема указателя представлена на рис. 22, общий вид — на рис. 23, внешний вид — на рис. 24.

Технические характеристики

Напряжение рабочей части, кВ	35 110
Напряжения зажигания:	
схема «встречно», кВ, не более	20 50
схема «согласно», кВ, не менее	40 100
Испытательные напряжения, кВ/мин:	
рабочей части 35 кВ	70
рабочей части 110 кВ	140
общей рабочей части	70
изолирующей части (каждой)	190
гибкого провода (каждого)	30
Масса указателя, кг	8
Рабочие температуры воздуха, °С	От —50 до +50
Относительная влажность воздуха, %	Не более 80

Фази́ровка, как правило, производится на разъединителях.

Перед фазировкой проверяется наличие напряжения на трех фазах с каждой стороны разъединителя. Во время фазировки при согласном включении сигнальная лампа указателя не светится, при встречном — дает яркий сигнал. Момент фазировки показан на рис. 25.

Порядок работы с УВНФ-35—110. Фази́ровка ведется двумя лицами, из которых одно должно иметь группу по электробезопасности V, а второе — не ниже IV. Применение диэлектрических перчаток обязательно.

На время фазировки приводы коммутационных аппа-

Рис. 23. Указатель напряжения
УВНФ-35 — 110:

1 — электрод контактный; 2 — зате-
нитель; 3 — рабочая часть, 110 кВ;
3' — рабочая часть 35 кВ; 3'' — об-
щая рабочая часть; 4 — провод со-
единительный указателя 110 кВ
длиной 2,5 м; 4' — то же, указателя
35 кВ длиной 1 м; 5 — изолирую-
щие части; 6 — рукоятки

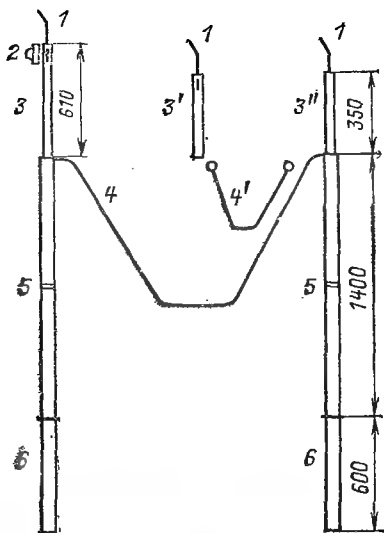
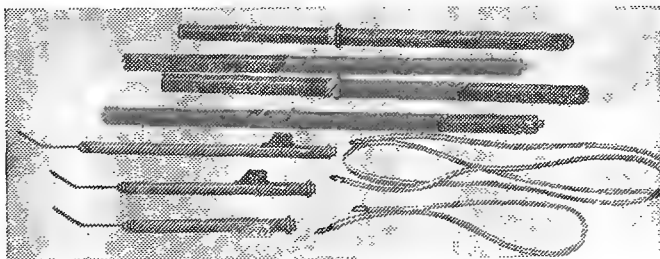
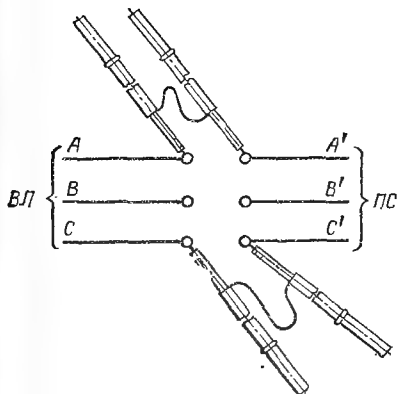


Рис. 24. Внешний вид
УВНФ-35 — 110



ратов (разъединителей, отделителей или выключателей) должны быть заперты с гарантией, исключающей случайное включение. В процессе работы следует избегать прикосновения гибкой связи и изолирующих элементов указателя к заземленным конструкциям.

Запрещается фазировка при дожде, тумане, снегопаде, сильном ветре, влажности воздуха более 80 %. Перед началом работы указатель подвергается наружному осмотру. По истечении срока годности (проверяется по штампу эксплуатационных испытаний), при нарушении целостности лакового покрытия, защитного стекла, неоновой лампы и других нарушениях указатель изымается из эксплуатации.



↑
Рис. 25. Момент фазировки

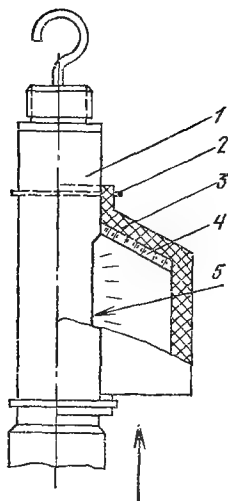


Рис. 26. Указатель с затенителем:

1 — указатель напряжения; 2 — резиновое кольцо; 3 — затенитель; 4 — зеркало; 5 — неоновая лампа

При фазировке в электроустановках 35 кВ необходимо произвести сборку указателя с рабочей частью на 35 кВ и соединительным проводом длиной 1 м. Затем проверяется исправность указателя по схеме «земля — фаза». При этом электрод рабочей части подносится к токоведущей части коммутационного аппарата, на котором ведется фазировка (разъединителя, отделителя или выключателя). Сигнальная лампа при этом должна светиться.

После проверки наличия напряжения по схеме «земля — фаза» на всех фазах с обеих сторон коммутационного аппарата указатель поочередно подключается по схеме «фаза — фаза» к токоведущим частям (с обеих сторон коммутационного аппарата). При этом отсутствие свечения сигнальной лампы указывает на одноименность фаз, а яркое свечение — на их разноименность. Фазировка может считаться законченной при совпадении двух крайних фаз на аппарате. После завершения фазировки необходимо повторно проверить наличие напряжения.

При фазировке в электроустановках 110 кВ сборка указателя производится с рабочей частью на 110 кВ

и соединительным проводом длиной 2,5 м. После проверки исправности указателя и наличия напряжения на всех фазах проводится фазировка и повторно проверяется наличие напряжения.

Эксплуатационные испытания указателя производятся в соответствии с [2]. После падений и ударов осуществляется внеочередная проверка.

Указатель должен храниться в чехле в сухих отапливаемых помещениях при температуре воздуха от $+2$ до $+40^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности не более 80 %. Указатель следует предохранить от ударов и падений, а также от воздействия кислот, щелочей, растворителей.

Ответственность за исправность, своевременность испытаний и надлежащее хранение указателя возлагается на лабораторию предприятия, эксплуатирующего указатель.

Затенитель. Чтобы обеспечить хорошую видимость светового сигнала неоновой лампы указателей напряжения УВН-10, УВН-80, УВНФ-10, УВНФ-35—110 в условиях яркого наружного освещения, разработан съемный затенитель с зеркальным отражателем.

Затенитель изготавливается из резины черного цвета с помощью пресс-формы. В изделие вставляется зеркальная полоска размером $2 \times 10 \times 25$ мм. К корпусу указателя (напротив неоновой лампы) затенитель крепится с помощью резинового колечка.

Общий вид затенителя, установленного на указатель напряжения, представлен на рис. 26.

3. СИГНАЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ

В последние годы в СССР и за рубежом уделяется большое внимание разработке индивидуальных звуковых сигнализаторов высокого напряжения промышленной частоты, которые предназначены для предупреждения персонала о приближении к токоведущим частям на опасное расстояние. Однако до настоящего времени сигнализаторы еще не нашли широкого применения, что объясняется главным образом отсутствием научно обоснованных рекомендаций по их использованию. С этой целью лабораторией электробезопасности ВНИИ охраны труда ВЦСПС в г. Ленинграде совместно с СКТБ ВКТ Мосэнерго были проведены исследования по определе-

нию возможностей применения сигнализаторов высоко-го напряжения в различных электроустановках.

Сигнализаторы высокого напряжения реагируют на электрическую составляющую электромагнитного поля. Основное требование, предъявляемое к сигнализатору высокого напряжения, состоит в том, чтобы он надежно работал только в том случае, когда расстояние до токоведущих элементов становится равным предельно допустимому расстоянию, регламентированному правилами техники безопасности. Поэтому при определении условий применения сигнализаторов необходимо знание картины распределения электрического поля вблизи электрооборудования.

С этой целью были проведены исследования распределения напряженности электрического поля в закрытых (ЗРУ) и открытых (ОРУ) распределительных устройствах, а также на воздушных линиях различного напряжения. Измерения проводились специальным устройством (ПЗ-1), разработанным ВНИИОТ, и с помощью опытных образцов сигнализаторов напряжения индивидуального пользования. При измерениях устройством ПЗ-1 в ЗРУ и ОРУ фиксировались значения напряженности на предельно допустимых расстояниях от токоведущих элементов с учетом предполагаемого размещения сигнализаторов — в защитной каске и в нагрудном кармане. На ВЛ определялись значения напряженности при подъеме на опору до предельно допустимых расстояний от проводов с учетом предполагаемого размещения сигнализатора на защитной каске электромонтера.

Исследования, выполненные на подстанциях, показали, что значения напряженности электрического поля на предельно допустимых расстояниях от токоведущих элементов ОРУ и ЗРУ существенно зависят не только от напряжения распределительных устройств, но также от вида и конструктивного выполнения электрооборудования и несущих металлических деталей (табл. 1). Металлические сетчатые ограждения распределительных устройств и несущие конструкции оказывают настолько сильное экранирующее влияние, что напряженность электрического поля в некоторых случаях на предельно допустимом расстоянии получается даже меньше, чем в неопасных зонах.

Если в этих условиях настроить сигнализатор на минимальное значение напряженности на данном ОРУ или ЗРУ, то будут неизбежны ложные срабатывания в не-

Таблица 1. Уровни напряженности электрического поля РУ

Вид и напряжение распре- устройства, кВ	Напряженность электрического поля на предельно допу- стимых расстояниях, кВ/м	Максимальная напря- женность электри- ческого поля в неоп- асных зонах (фон), кВ/м
ЗРУ:		
6	0,015—0,5	0,2
10	0,015—0,55	0,2
35	0,07—2	0,5
ОРУ:		
35	0,4—2,5	0,8
110	1,5—6	1,9
220	2,2—10	3,2

опасных зонах. Если чувствительность сигнализатора установить по значению напряженности поля в неопасных зонах, то он не будет срабатывать на предельно допустимом расстоянии. В этих условиях сигнализатор высокого напряжения может способствовать возникновению опасности поражения электрическим током. Применение двух сигнализаторов напряжения индивидуального пользования типа СНИ наглядно поясняет рис. 28—31. Один сигнализатор расположен на головном уборе (каска), второй — на уровне груди, он пристегнут за пуговицу с помощью ремennого языка.

Необходимость наличия двух сигнализаторов обусловлена различным расположением токоведущих частей относительно человека, ограждений, кирпичных стен, заземленных конструкций и т. д.

Диаграмма направленности каждого сигнализатора в пространстве — полусфера, на плоскости — полуокружность (рис. 27). Вторая половина экранируется телом человека. Расстояние, на котором срабатывает сигнализатор, отсчитывается от электрода, но не от тела человека, поэтому оба сигнализатора защищают только голову и грудь.

Исходя из диаграмм направленности, будут иметь место следующие наиболее характерные случаи работы сигнализаторов при различном расположении токоведущих частей и заземленных конструкций:

а) токоведущие части расположены на уровне или выше головы человека (рис. 28). В этом случае на заданном расстоянии срабатывает только сигнализатор на каске;

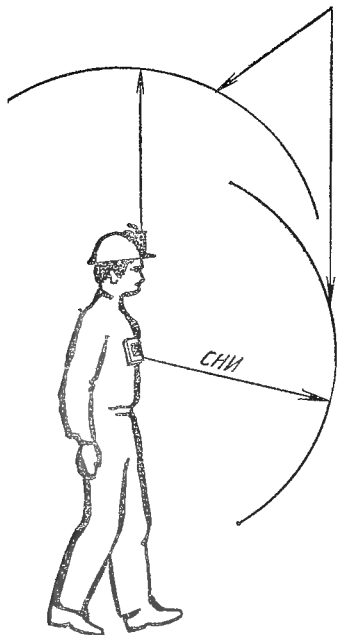


Рис. 27. Диаграмма направленности сигнализаторов

б) токоведущие части расположены впереди человека на уровне груди, но над головой (на расстоянии 0,1—0,2 м) расположена металлическая заземленная конструкция, например уголок двери при входе в ячейку (рис. 29). В этом случае элемент конструкции двери (притолока) ослабил (исказил) электрическое поле. Сигнализатор на каске не срабатывает, но работает сигнализатор на груди, так как электрическое поле в зоне диаграммы направленности ничем не искажено (не ослаблено). Сигнализатор на каске будет работать, если человек, войдя в ячейку, удалится от уголка на расстояние 0,15—0,2 м, но тогда он окажется на недопустимом расстоянии от токоведущих частей;

в) токоведущие части расположены на уровне пола (ниже уровня колен человека) (рис. 30). В этом случае не срабатывают сигнализаторы, расположенные на груди и головном уборе, так как в зону действия диаграмм направленности токоведущие части не могут попасть даже при прикосновении к ним идущего человека. В данном

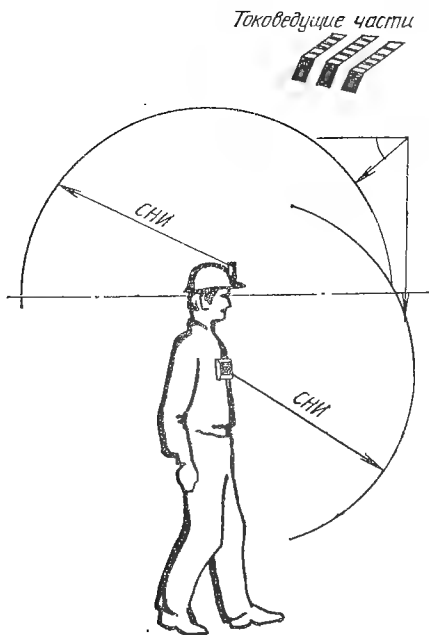


Рис. 28. Токоведущие части на уровне или выше головы человека

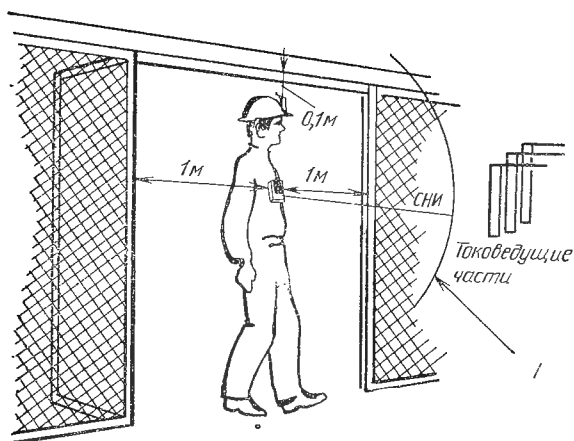


Рис. 29. Искажение электрического поля верхним углом конструкции двери

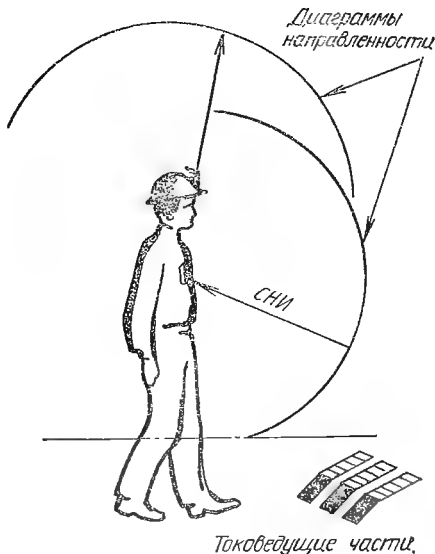


Рис. 30. Токоведущие части ниже уровня колен человека

случае требуется расположение сигнализатора на обуви (например, он должен быть пристегнут с помощью зажима к голенищу сапога). Поэтому применение единичных сигнализаторов высокого напряжения, реагирующих на напряженность электрического поля, на подстанциях представляется перациональным.

Для этих целей в Японии применяется специальный защитный костюм. Шестнадцать датчиков расположены на всех частях костюма и на головном уборе. Сигнал с датчиков по проводящим полосам ткани костюма поступает в исполнительное устройство, расположенное в нагрудном кармане, которое издает два сигнала — предупреждающий и тревожный — в зависимости от расстояния до объекта, находящегося под напряжением.

В отличие от подстанций, на одноцепных ВЛ сигнализатор применим на всех напряжениях, начиная от минимального, указанного на корпусе диапазона напряжений. На двухцепных ВЛ сигнализатор применим только для диапазона напряжений, указанного на корпусе, в противном случае сигнализатор будет давать ложный сигнал от соседней цепи.

При подъеме человека на опору ВЛ сигнализатор,

расположенный на головном уборе, полностью защищает человека при приближении к проводам, находящимся под напряжением. Поэтому на ВЛ для предупреждения о наличии напряжения на проводе допускается применение одного сигнализатора.

При работе на ВЛ сигнализатор обязательно должен быть расположен на головном уборе — каске (рис. 31).

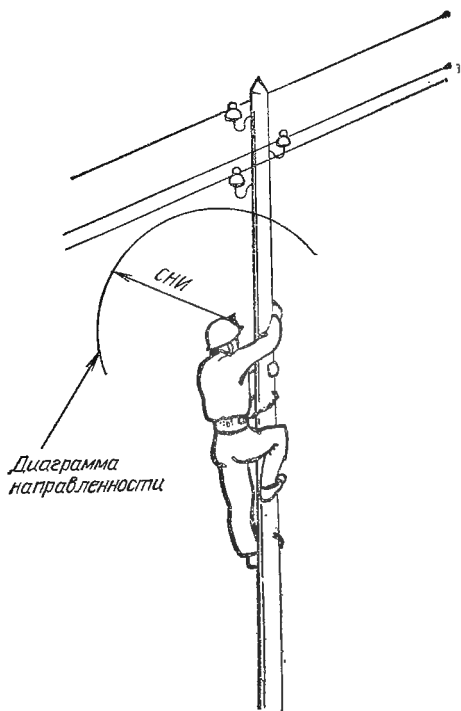
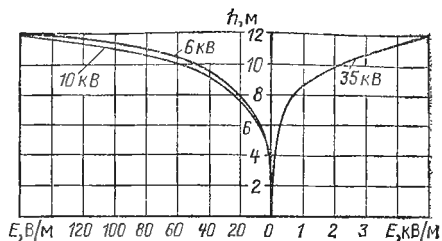


Рис. 31. Применение СНИ на воздушной линии

При расположении сигнализатора в боковом кармане электрическое поле экранируется головой человека и сигнализатор срабатывает на более близком расстоянии.

Данные измерений на опорах ВЛ показывают, что при подъеме по опоре значение напряженности электрического поля E для всех классов напряжений и типов опор возрастает примерно по одинаковому параболиче-

Рис. 32. Распределение напряженности электрического поля вдоль опоры ВЛ



скому закону (рис. 32). При этом различны лишь абсолютные значения напряженности, так, для линий 6 и 10 кВ напряженность на предельно допустимом расстоянии от проводов на наружной стороне опоры равна 0,15—0,25 кВ/м, для линий — 35 кВ — 4—5 кВ/м и для линий 110 кВ — 8—10 кВ/м.

Напряженность электрического поля существенно снижается внутри каркаса металлической опоры. Сильное экранирующее действие оказывают также отдельные конструктивные элементы опор (поперечины, мостки и др.), снижение напряженности поля имеет место и на деревянных опорах, если они пропитаны смоляным составом или находятся во влажном состоянии.

Данные измерений напряженности электрического поля на опорах ВЛ показывают, что в большинстве практических случаев достаточно иметь две модификации сигнализаторов, отличающихся по чувствительности: для ВЛ 6—10 кВ и для ВЛ 35—110 кВ.

Сигнализатор напряжения индивидуального пользования типа СНИ-6—10 (ТУ 34-28-3835-76). Сигнализатор относится к дополнительным средствам защиты, применяемым обслуживающим персоналом электрических сетей на воздушных линиях электропередачи и мачтовых трансформаторных подстанциях напряжением 6—10 кВ.

Принцип действия сигнализатора основан на наведении разности потенциалов между двумя электродами, внесенными в электрическое поле. Конструктивно одним электродом является металлическая пластина, вторым — общая часть схемы сигнализатора. Наведенный на электродах сигнал усиливается усилителем и воздействует на моностабильный мультивибратор, обеспечивающий прерывистое срабатывание бесконтактного реле, которое включает звуковой генератор, нагруженный на микрогромкоговоритель.

Рис. 33. Общий вид сигнализатора типа СНИ-6 — 10

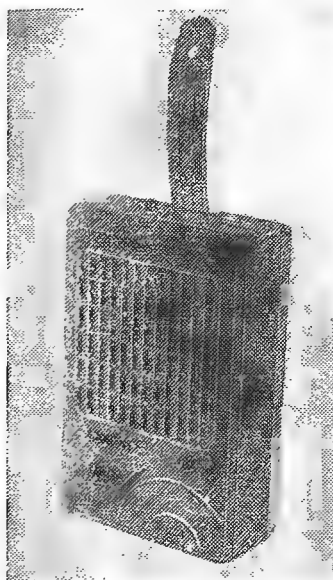
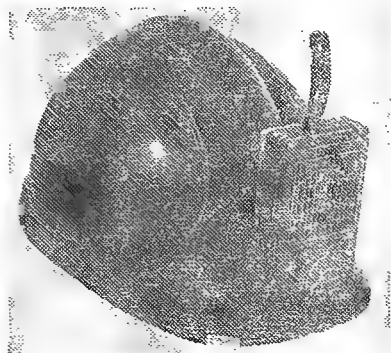


Рис. 34. Закрепление сигнализатора с помощью зажима на защитной каске



Технические характеристики

Чувствительность (расстояние между сигнализатором и ближайшим проводом, находящимся под линейным напряжением 6 кВ, при котором сигнализатор начинает срабатывать) не менее 1,4 м.

Частота звукового сигнала 800—2000 Гц. Частота прерывания звукового сигнала 1—5 раз в секунду. Уровень звукового сигнала на расстоянии 25 см по оси излучателя не менее 70 дБ.

Питание сигнализатора осуществляется от четырех встроенных аккумуляторов типа Д-0,1 напряжением 4,8 В. Сигнализатор снабжен зарядным устройством, позволяющим производить зарядку аккумуляторной батареи от сети 220 В.

Сигнализатор снабжен кнопкой контроля исправности, нажатием которой проверяется исправность прибора перед его употреблением.

Сигнализатор удовлетворительно работает в диапазоне температур от -30 до $+40^{\circ}\text{C}$. Он не защищен от влияния внешних магнитных и электромагнитных полей и агрессивных сред.

Корпус сигнализатора снабжен специальным зажимом

мом, с помощью которого сигнализатор закрепляется на каске в стандартной щели, а также на зимней шапке-ушанке.

Габариты сигнализатора $95 \times 60 \times 40$ мм. Масса 0,14 кг.

В комплект поставки входят: сигнализатор; зарядное устройство; паспорт-инструкция.

Общий вид сигнализатора приведен на рис. 33 и 34. Принципиальная схема сигнализатора приведена на рис. 35. Перечень элементов к принципиальной схеме СНИ-6—10 (рис. 35):

разность потенциалов, наведенная на электроде Э и общей части схемы, воздействует на вход усилителя, выполненного на транзисторах $V2$ и $V3$. Согласование выхода датчика с входом усилителя осуществлено с помощью полевого транзистора $V1$;

усиленный сигнал поступает на вход моностабильного

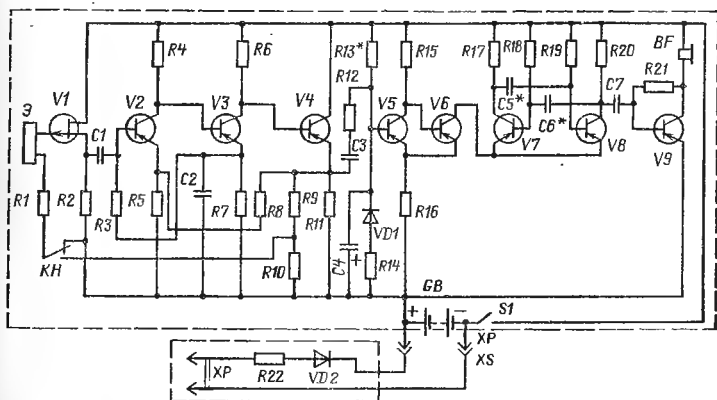


Рис. 35. Принципиальная схема сигнализатора СНИ-6—10. Перечень элементов:

резистор типа МЛТ-0,5: $R1$ — $4,7 \text{ мОм} \pm 5\%$; резисторы типа МЛТ-0,125: $R2, R3, R4$ — $6,2 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R5$ — $110 \text{ Ом} \pm 10\%$; $R6$ — $4,7 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R7$ — $750 \text{ Ом} \pm 10\%$; $R8$ — $6,2 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R9$ — $5,0 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R10$ — $51 \text{ кОм} \pm 5\%$; $R11$ — $6,2 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R12$ — $1 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R13^*$ — $22 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R14$ — $2 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R15$ — $3,6 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R16$ — $43 \text{ Ом} \pm 10\%$; $R17$ — $1 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R18, R19$ — $10 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R20$ — $91 \text{ кОм} \pm 10\%$; $R21$ — $47 \text{ Ом} \pm 10\%$; резистор типа МЛТ-2: $R22$ — $5,1 \text{ кОм} \pm 10\%$; конденсаторы: $C1$ — К53-4, 15 В, $4,7 \text{ мкФ} \pm 20\%$; $C2$ — К53-4, 6 В, $47,0 \text{ мкФ} \pm 20\%$; $C3$ — К53-4, 20 В, $1,0 \text{ мкФ} \pm 20\%$; $C4$ — К53-4, 6 В, $33 \text{ мкФ} \pm 20\%$; $C5^*, C6^*$ — КЛС-1-Н90, $0,047 \text{ мкФ} \pm 80\%$; $C7$ — КЛС1-Н90, $0,047 \text{ мкФ} \pm 20\%$; GB — батарея аккумуляторная из четырех элементов Д-0,115; $S1$ — резистор СПЗ-3ВМ, $5,1 \text{ кОм}$; $VD1$ — диод Д9К; $VD2$ — диод Д226; $V1$ — транзистор КП-103Л; $V2$ — $V9$ — транзисторы МП41А; KH — микропереключатель МП-7Ш; XP — штырь; Э — электрод; XS — гнездо; BF — телефон ТМ-2А

мультивибратора, выполненного на транзисторах V5 и V6. В исходном состоянии транзистор V5 мультивибратора открыт, соответственно V6 заперт положительным напряжением. При появлении на входе V5 сигнала последний закрывается, мультивибратор опрокидывается и осуществляет прерывистое включение звукового генератора. Эмиттерный повторитель, выполненный на транзисторе V4, согласует выход усилителя со входом моностабильного мультивибратора.

Сигнализаторы напряжения для автокранов. Оснащение автокранов устройствами, сигнализирующими об их приближении на недопустимое по правилам ТБ расстояние к проводам ВЛ, находящимся под напряжением, осуществляется согласно п. 180 «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».

Обязательное оснащение автокранов сигнализаторами и отсутствие единых общесоюзных требований к таким сигнализаторам отрицательно сказываются на применении их в эксплуатации.

Принцип действия сигнализаторов напряжения для автокранов типов АСОН, УАС, УСОМ-Электростоп, СИГНАЛ, СОН, выпускаемых промышленностью, одинаков. Сигнализаторы срабатывают при определенной напряженности электрического поля 50 Гц, которая зависит от класса напряжения на объекте и от расстояния до объекта, находящегося под напряжением. Основное отличие перечисленных сигнализаторов состоит в наличии или отсутствии переключения для классов напряжений и способа включения и выключения устройства при работе автокрана.

Сигнализатор типа СИГНАЛ был разработан по просьбе автохозяйств, проводящих работы под линиями электропередачи 6—10 кВ и 35 кВ под напряжением. Правилами ТБ такие работы запрещены. Производство таких работ дополнительно подстраховывалось электронным устройством, сигнализирующим о приближении стрелы к проводам ВЛ на недопустимое, но еще не изоляционное расстояние. Сигнализатор типа СИГНАЛ имеет ручное переключение для работы под линиями 6, 10, 35 и 110 кВ. Прежде чем приступить к работе, крановщик переключает устройство на требуемое напряжение. Расстояние от стрелы до провода, при котором срабатывает сигнализатор, выбрано не более допустимого по ТБ для данного класса напряжения.

Сигнализаторы типа АСОН, УАС и УСОМ-Электростоп имеют аналогичные переключатели классов напряжений и отличаются от сигнализатора типа СИГНАЛ большей чувствительностью (расстояние от провода до стрелы при срабатывании в 3—4 раза больше) и наличием переключения на класс напряжения 0,4 кВ.

Сигнализатор типа УСОМ-Электростоп кроме звукового оповещения о приближении к проводам, находящимся под напряжением, выдает исполнительный сигнал на остановку механизмов поворота и подъема стрелы на кранах с электрическим приводом. Поэтому он применим только на автокранах типа СМК-7 и СМК-10.

Сигнализаторы для автокранов, разрабатываемые по техническим заданиям, согласованным и утвержденным Минэнерго СССР, не должны иметь ручного переключения выбора класса напряжения. Ошибочное включение более высокого класса напряжения приводит к дополнительным несчастным случаям при работе на низших классах напряжения. Определение требуемого класса напряжения визуально требует от крановщика специальных электротехнических знаний.

По техническим условиям Минэнерго СССР сигнализатор напряжения для автокранов не должен иметь никаких ручных переключений. Таким сигнализатором является СОН-1 (сигнализатор опасного напряжения). Сигнализатор СОН-1 предназначен для установки на автокранах, автовышках и других механических транспортных средствах с целью предупреждения обслуживающего персонала прерывистыми звуковыми и световыми сигналами о приближении стрелы на опасное расстояние к проводам ВЛ 6 кВ и выше, находящимся под напряжением. Включение сигнализатора осуществляется автоматически при подъеме стрелы из транспортного положения на 5—10°, выключение — при возвращении стрелы в транспортное положение. Из-за отсутствия ручных переключателей классов напряжений сигнализатор срабатывает при приближении стрелы автокрана к проводам ВЛ, находящимся под напряжением, на следующих расстояниях: 6 кВ — 2 м; 10 кВ — 4 м; 35 кВ — 17 м; 110 кВ — 34 м.

Все существующие сигнализаторы напряжения для автокранов, реагирующие на электрическую составляющую электромагнитного поля 50 Гц, увеличивают расстояния срабатывания в 3—5 раз от телефонных и радио-

трансляционных линий из-за наличия резистивных усилителей, подчеркивающих высокие звуковые частоты. Применение селективной настройки на частоту 50 Гц усложняет конструкцию сигнализаторов.

Перечисленные недостатки сигнализаторов делают их непригодными для работы в населенных пунктах. Из-за наличия множества разнообразных линий и проводов сигнализаторы, кроме СОН-1, практически все срабатывают в любой точке населенного пункта. Сигнализатор СОН-1 срабатывает только при наличии на проводах напряжения 6 кВ и выше. Однако он постоянно работает на сигнал при работе вблизи (в допустимой по правилам ТБ зоне) линий электропередачи 110 кВ и выше.

4. УСТРОЙСТВА ДЛЯ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ

Устройство определения разности напряжений в транзите УРНТ-6—10. Устройство предназначено для измерения напряжения при транзитных операциях в процессе проведения переключений в кабельной сети Мосэнерго 6 и 10 кВ.

В соответствии с «Инструкцией по производству переключений в МКС Мосэнерго» транзитные операции выполняются при условии

$$I_{\text{н}} + I_{\text{т}} \leq 0,8I_{\text{с.з.}}$$

где $I_{\text{н}}$ — ток нагрузки; $I_{\text{т}}$ — ток транзитный (уравнительный); $I_{\text{с.з.}}$ — ток срабатывания максимальной токовой защиты.

Операции по замыканию и размыканию транзитов однополюсными разъединителями выполняются при токе $I_{\text{т}} \leq 70$ А.

Транзитный ток определяется по формуле

$$I_{\text{т}} = \Delta U / Z,$$

где ΔU — разность напряжений в месте замыкания транзита, В; Z — сопротивление транзитного контура, Ом.

Его можно определить по формуле

$$Z = 0,17l_{\phi} + 0,17n_{35} + 0,35n_{16},$$

где l_{ϕ} — длина кабельных линий сечением 3×120 , 3×150 , 3×240 мм², входящих в транзитную схему, км; n_{35} — число кабельных линий сечением 3×95 , 3×70 , 3×50 , 3×35 мм² между ТП, входящими в транзитную схему;

n_{16} — то же для кабелей 3×25 и 3×16 мм²; 0,17 и 0,35 — переводные коэффициенты.

Сопротивление Z подсчитывается заранее и указывается в бланке переключений, ΔU определяется прибором УРНТ-6—10.

До разработки прибора УРНТ ΔU выявлялось путем опроса диспетчеров на центрах питания после проведения целого ряда оперативных переключений.

Внедрение устройства значительно сократило количество производимых операций, обеспечило повышение уровня электробезопасности работ и повысило надежность электроснабжения потребителей.

Устройство состоит из двух трубчатых изолирующих корпусов, каждый из которых содержит рабочую, изолирующую части и рукоятку; измерительного прибора стрелочного типа и соединительного провода.

Измерительный прибор магнитоэлектрической системы имеет шкалу на 1000 В и подсоединяется к схеме с помощью штепсельного разъема. Для удобства транспортирования каждый из корпусов разбирается на две части с помощью резьбового разъема.

Прибор имеет систему защиты измерительного прибора от повреждения при ошибочном включении на междофазное напряжение 6 или 10 кВ. Система защиты, шунтирующая измерительный прибор, состоит из неоновой лампы с последовательно включенным резистором МЛТ-2, 100 кОм. В обеих рабочих частях устройства смонтированы резисторы МЛТ-2, 100 кОм с общим сопротивлением 1,8 МОм.

Технические характеристики

Напряжение, измеряемое устройством, В	40—1000
Погрешность измерений при полном отклонении стрелки, %	6
Ток через измерительный прибор при полном отклонении стрелки, мА	6
Цена деления прибора, В	40
Длина, мм:	
рабочих частей	390
изолирующих частей	360
рукояток	120
Масса устройства, кг	0,8
Диапазон рабочих температур, °С	—30 ÷ +40
Испытательные напряжения, кВ/мин:	
изолирующей части	40/5
рабочей части	10/1
соединительного провода	20/1

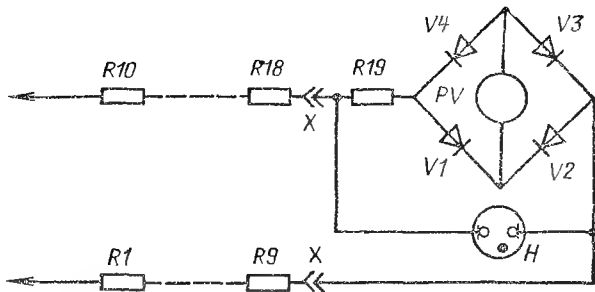


Рис. 36. Электрическая схема УРНТ-6 — 10:

$R1-R19$ — резисторы МЛТ-2, 100 кОм; $V1-V4$ — диоды Д2Е; H — неоновая лампа ИН-3; PV — измерительный прибор от индикатора напряжения типа ИН-92; X — штепсельный разъем

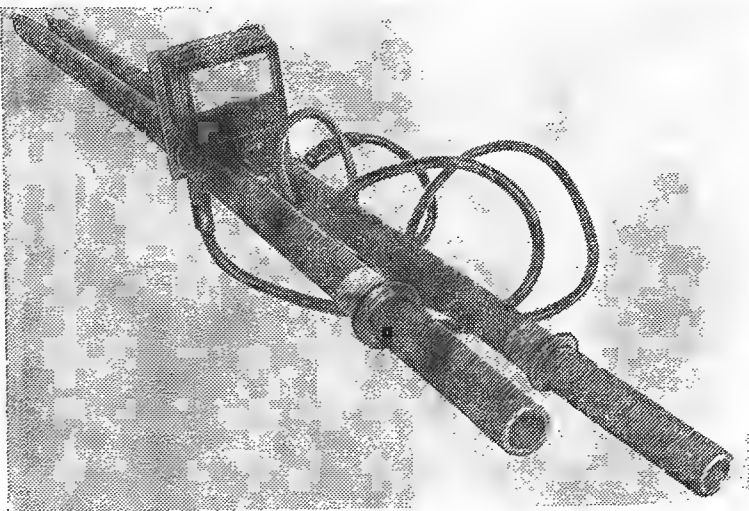


Рис. 37. Внешний вид УРНТ-6 — 10

Электрическая схема устройства приведена на рис. 36, внешний вид показан на рис. 37, момент измерений — на рис. 38.

Порядок работы с УРНТ-6—10. Измерения проводятся двумя лицами оперативного персонала, прошедшими обучение работе с УРНТ-6—10, с группами по электро-



Рис. 38. Момент измерения

безопасности IV и III. Непосредственное измерение производит лицо с группой IV.

Работа с прибором проводится в ячейках при наличии токоведущих частей, находящихся под напряжением. Поэтому должны быть выполнены технические мероприятия по подготовке рабочего места, исключающие приближение к токоведущим частям на расстояние менее 0,6 м. Работа производится в диэлектрических перчатках, на изолирующей подставке, в защитных очках.

Соединительный провод не должен касаться токоведущих и заземленных конструкций. Наклоняться к измерительному прибору ближе чем на 0,6 м запрещается. Запрещается касаться наконечниками устройства токоведущих частей разноименных фаз. При подготовке устройства к работе производится его наружный осмотр. По истечении срока годности (по штампу периодических испытаний), при неисправности измерительного прибора, наличии дефекта лакового покрытия и соединительного провода устройство изымается из эксплуатации.

Перед проведением измерений производится сборка устройства в рабочее положение свинчиванием рабочих

и изолирующих частей, между которыми устанавливается измерительный прибор и помещается соединительный провод.

Указателем УВН-10 (УВН-80) проверяется наличие напряжения на токоведущих частях. Работоспособность прибора проверяется на сборке низкого напряжения.

Затем на токоведущих частях одноименной фазы, подлежащей замыканию, измеряют разность напряжений прибором УРНТ-6—10.

Эксплуатационные испытания устройства производятся 1 раз в 12 мес в соответствии с [2]. После падений и ударов проводятся внеочередные испытания.

Устройство должно храниться в чехле в сухих отапливаемых помещениях при температуре от $+2$ до $+40^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха не более 80 %. Устройство следует предохранять от ударов и от воздействия агрессивных сред (кислот, щелочей, растворителей).

Указатель повреждения кабелей УП-6—10. При повреждении кабельной сети 6 и 10 кВ автоматически отключается масляный выключатель поврежденного направления, состоящего, как правило, из значительного количества последовательно включенных участков кабеля, трансформаторных подстанций и прочих элементов сети. Повторные включения выключателя на поврежденный участок сети в точках с большими токами короткого замыкания могут привести к повреждению оборудования на других участках и представляют опасность для персонала. Поэтому перед включением выключателя производится поочередное испытание изоляции участков кабельной сети, входящих в отключившееся направление, мегаомметром и кенотронной установкой. Исполнение вышеуказанных мероприятий сопровождается длительной подготовкой рабочего места и применением специальных мер безопасности.

По заданию МКС был разработан, изготовлен и введен в эксплуатацию специальный прибор — указатель повреждения кабелей 6 и 10 кВ типа УП.

По принципу действия прибор представляет собой высоковольтный выпрямитель переменного тока со световым индикатором. Через этот прибор рабочее напряжение сети 6 или 10 кВ подается на фазу отключенного кабеля (или участка сети). При поврежденном, потерявшем емкость кабеле световой столбик индикатора по градуировочной отметке устанавливается на уровне напря-

жения сети и далее остается неизменным. В исправном (имеющем определенную емкость) кабеле идет процесс зарядки емкости с постоянным уменьшением величины светового столба до нулевого значения.

На показания указателя не влияет состояние компенсации емкостных токов в центре питания. Прибор состоит из двух изолирующих трубчатых корпусов, каждый из

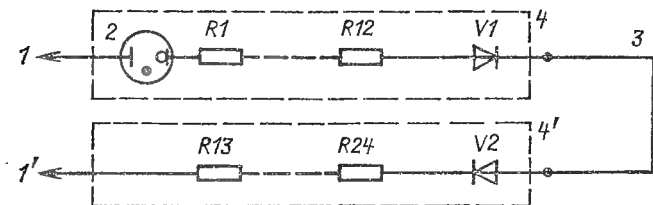


Рис. 39. Электрическая схема УП:

1, 1' — электроды-наконечники; 2 — газоразрядная индикаторная лампа ИН-9; R1—R24 — резисторы МЛТ-2, 100 кОм; V1, V2 — диоды Д1008; 3 — провод соединительный ПВЛ-1; 4, 4' — корпуса изолирующие

которых содержит рабочую, изолирующую части и рукоятку. Рабочие части соединены гибким изолированным проводом. В рабочих частях содержатся элементы электрической схемы прибора (газоразрядная индикаторная лампа ИН-9, два диодных столбика Д1008, резисторы МЛТ-2, 100 кОм с общим сопротивлением 2,4 МОм). Электрическая схема представлена на рис. 39, внешний вид — на рис. 40.

Технические характеристики

Рабочие напряжения, кВ	6 и 10
Ток индикации, мА	Не более 2
Длина, мм:	
рабочих частей	440
изолирующих частей	300
рукоятки	120
соединительного провода	1300
Рабочие температуры воздуха, °С, при относительной влажности не более 80 % при 25 °С	От —30 до +40
Испытательные напряжения, кВ/мин:	
изолирующей части	40/5
рабочей части	10/1
соединительного провода	20/1
указателя в сборе	20/2
Эксплуатационные испытания прибора — 1 раз в 12 мес.	

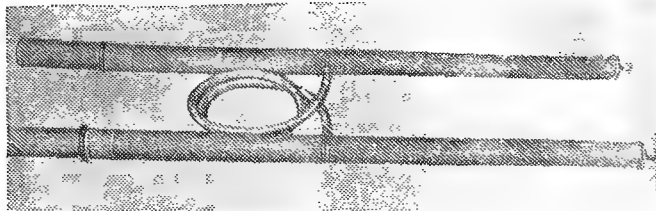


Рис. 40. Внешний вид указателя повреждения кабелей

Порядок работы с УП-6—10. Измерения производятся двумя лицами оперативного персонала, прошедшими обучение и имеющими отметку в удостоверении на право пользования указателем УП.

Одно лицо должно иметь группу по электробезопасности V, а второе — не ниже III. Для оперативного персонала, имеющего право производства оперативных переключений, одно лицо должно иметь группу по электробезопасности IV, а второе — не ниже III. Непосредственно испытание производит лицо с группой по электробезопасности IV.

Работа с указателем УП проводится в ячейках при наличии токоведущих частей, находящихся под напряжением, при этом должны быть приняты меры, исключающие приближение к токоведущим частям на расстояние менее 0,7 м. Испытываемый участок линии необходимо считать находящимся под рабочим напряжением.

Работа с указателем УП производится в диэлектрических перчатках, на изолирующей подставке (коврике) и в защитных очках. Во время испытаний соединительный провод не должен касаться токоведущих частей и заземленных конструкций и должен находиться на расстоянии не менее 0,7 м от оператора. Наклоняться к индикатору ближе чем на 0,7 м запрещается. Во время испытания персоналу запрещается касаться металлических конструкций. Запрещается вносить корпуса указателя УП между токоведущими частями, находящимися под напряжением. Контролирующему лицу необходимо вести постоянный контроль за соблюдением оператором допустимых расстояний.

При подготовке указателя УП к работе необходимо произвести его наружный осмотр, убедиться в соответствии срока годности по штампу испытания. По истече-

нии срока годности, при дефектах лакового покрытия, индикаторной лампы и других повреждениях указатель изымается из эксплуатации.

Отыскание повреждения на участке кабельной сети показано на рис. 41.

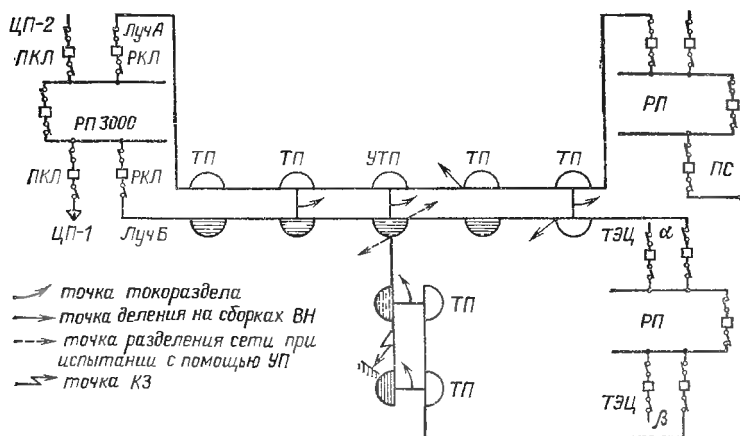


Рис. 41. Схема типового участка кабельной сети Мосэнерго при проведении испытаний с применением УП-6 — 10

При автоматическом или ручном отключении из распределительного пункта (РП) поврежденного направления (луча) с несколькими включенными на нем силовыми трансформаторами отыскание поврежденного участка при помощи указателя УП должно производиться в таком порядке.

В РП на отключенном направлении (луче), имеющем повреждения, отключают шинный разъединитель (ШР) и линейный разъединитель (ЛР) данного направления (луча). На приводе масляного выключателя (МВ) вывешивают плакат «Не включать — работают люди», а на ограждении ячейки ЛР — плакат «Стоять — напряжение». Все трансформаторы в трансформаторной подстанции (ТП) данного направления (луча) остаются включенными со стороны подачи напряжения 6 или 10 кВ до точки токоразделов (схема собрана, но не погашена).

В узловой ТП (УТП) этого направления (луча), где имеется напряжение 6 или 10 кВ на резервном питании (на другом луче), производят деление отключенного на-

правления на два участка и более отключением разъединителей или выключателей нагрузки на сборке высокого напряжения (ВН) после предварительной проверки отсутствия напряжения на ней при помощи указателя напряжения УВН-80, УВН-10.

Из другого луча УТП включают под напряжение 6 или 10 кВ кабельную (или шинную) перемычку, которая на отключенной сборке ВН должна находиться в отключенном положении.

Указателем напряжения проверяют наличие напряжения на всех фазах резервного питания (на ножах ЛР кабельной перемычки из другого луча) и отсутствие «земли» на резервном питании. При наличии «земли» в сети резервного питания применение указателя УП запрещено.

Указателем напряжения непосредственно перед испытанием проверяют отсутствие напряжения на отключенном участке (отсутствие обратной трансформации).

Собирают указатель УП в рабочее положение. Проверяют исправное состояние указателя УП кратковременным включением его на «землю» и на токоведущую часть

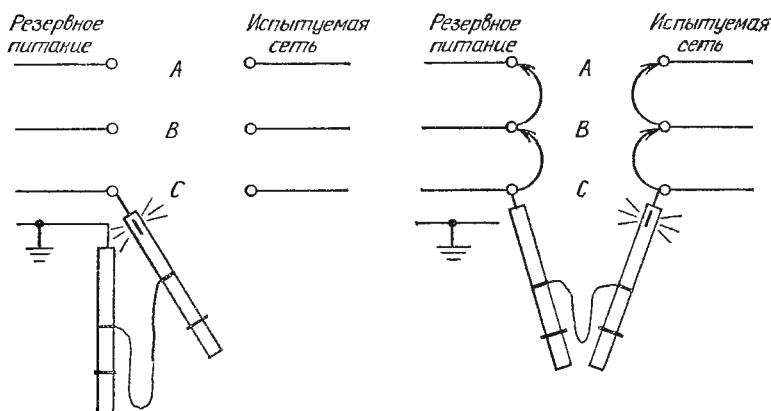


Рис. 42. Проверка исправности указателя УП-6 — 10

резервного питания (рис. 42). Стабильное свечение столбика индикаторной лампы указателя УП на уровне градуировочной отметки 6 или 10 кВ свидетельствует о его исправном состоянии.

Участки сети, подлежащие испытанию, разряжают на землю при помощи указателя УП последовательным

включением указателя между «землей» и каждой из фаз испытуемого участка дважды при прямой и обратной полярности (рис. 43). Указатель УП включают пофазно между каждой из фаз переключки, находящейся под напряжением от резервного питания, и соответствующей одноименной фазой участка сети, подлежащей испытанию. После проведения испытания участок сети разряжают на «землю» при помощи указателя УП и в другом месте отключают кабельную (шинную) переключку. По показаниям указателя УП делают заключение об исправности или наличии повреждения на испытываемых участках сети.

Участок сети, не имеющие повреждений, включают в работу с соблюдением правил техники безопасности, технической эксплуатации и действующих инструкций.

Участок сети, имеющий повреждения, в аналогичном порядке из следующей ТП делят на участки, и испытания на них повторяют.

На участках сети, включенных в работу, в конечных точках проверяется наличие напряжения по всем фазам.

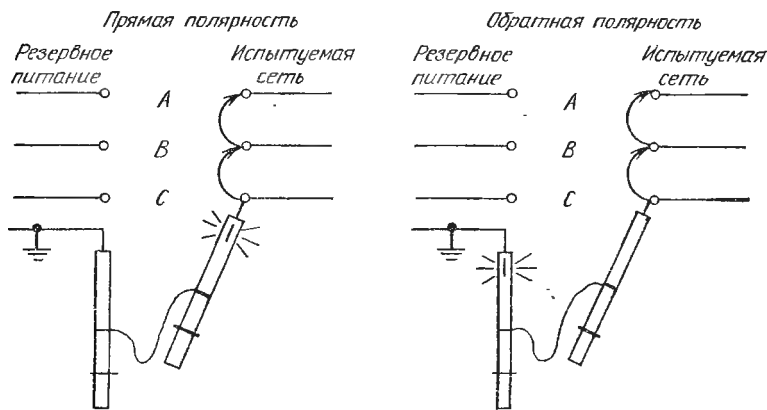


Рис. 43. Разрядка участка кабельной сети на землю с помощью УП-6—10

При отыскании повреждения из РП на питающей кабельной линии (ПКЛ) работу производят в такой последовательности.

Получают разрешение персонала центра питания (ЦП) на подачу рабочего напряжения через указатель

УП в сторону ЦП¹. Отключают ЛР и включают МВ данной ячейки ПКЛ.

Указателем напряжения непосредственно перед испытанием проверяют наличие напряжения на губках ЛР и отсутствие напряжения на отключенном участке ПКЛ. Указатель УП включают пофазно между каждой из фаз губок ЛР, находящихся под напряжением, и соответствующей одноименной фазой участка ПКЛ, подлежащей испытанию. После проведения испытания ПКЛ разряжают на «землю», отключаются МВ и ШР данной ячейки.

На сборках 6 или 10 кВ в ТП с вертикальным расположением однополюсных разъединителей в целях обеспечения удобства проведения испытания включение указателя первоначально следует производить на средней и нижней фазе. В том случае, если показания прибора на этих фазах свидетельствуют о повреждении участка и имеют одинаковый характер, производить включение указателя на верхней фазе не следует.

Повреждения на участках сетей без замыкания на «землю» с помощью указателя УП выявлены быть не могут.

После включения сети под рабочее напряжение (по результатам испытаний) следует обязательно проверить наличие напряжения на всех трех фазах в концевой точке включенного участка сети. Если в концевой точке участка сети будет обнаружено отсутствие напряжения на одной или нескольких фазах, то необходимо приступить к отысканию повреждения на этом участке другими способами.

Эксплуатационные испытания указателя УП проводятся 1 раз в 12 мес в соответствии с [2] по аналогии с испытанием указателей напряжения для фазировки. После падения и ударов производится внеочередная проверка указателя. Ответственность за исправность и своевременность испытаний УП возлагается на подразделение, эксплуатирующее указатель.

Указатель должен храниться на складе в чехле в сухих отапливаемых помещениях при температуре от $+2$ до $+40^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности не более 80 %. Указатель следует предохранять от ударов и падения,

¹ Центр питания связан с распределительным пунктом через распределительную кабельную линию (РКЛ).

а также от воздействия кислот, щелочей и растворителей. Перевозить указатель разобранным и упакованным в чехле разрешается любым видом транспорта при условии защиты от ударов, падений и агрессивных сред.

Универсальный комплект устройств для кабельной сети КУУ-6—10. Универсальный комплект устройства для кабельной сети, разработанный по заданию Мосэнергo, предназначен для проведения целого ряда испытательных и измерительных работ в кабельной сети напряжением 6 и 10 кВ: установки рабочих заземлений; подключения источника повышенного напряжения к испытываемому оборудованию; снятия остаточного потенциала (заряда кабеля); выполнения «холодной» фазировки и проверки целости кабеля. В комплект входит набор устройств соответствующего функционального назначения.

Ранее, до внедрения комплекта, испытательные и измерительные работы в кабельной сети проводились традиционным способом с длительной и трудоемкой подготовкой рабочего места, включающей сборку схем для измерений и испытаний, обеспечением мер безопасности (установку ограждений, изолирующих накладок и др.), что в итоге увеличивало время перерывов в электроснабжении потребителей и снижало его надежность за счет применения временных схем питания.

Внедрение комплекта упростило технологию производства работ, сократило время их проведения, повысило надежность электроснабжения и технический уровень эксплуатации.

Комплект представляет собой набор следующих устройств:

устройство для установки рабочего заземления (спецзаземление);

устройство для подачи испытательного напряжения;

устройство для снятия остаточного заряда;

устройство для холодной фазировки и проверки целости кабельной линии.

Каждое из устройств содержит стеклоэпоксидную штангу, представляющую собой двухзвенную телескопическую конструкцию. Рукоятка и изолирующая часть разделены ограничительным кольцом. Каждая штанга имеет контактный крючок.

Спецзаземление представляет собой трехфазную закоротку с гибким медным проводом сечением 6 мм² и за-

земляющей струбиной для подсоединения к контуру заземления распреустройства.

Устройство для снятия заряда в кабеле представляет собой однофазную закоротку, в схеме которой включен токоограничивающий резистор типа ПЭВ, 150 Вт.

Устройство для подачи испытательного напряжения содержит гибкий провод с изоляцией на 10 кВ для подсоединения кенотронного аппарата к испытываемому кабелю или оборудованию.

Устройство для «холодной» фазировки (мегаомметром) представляет собой трехфазную заземляющую систему, где элемент первой фазы содержит резистор

Комплект КУУ

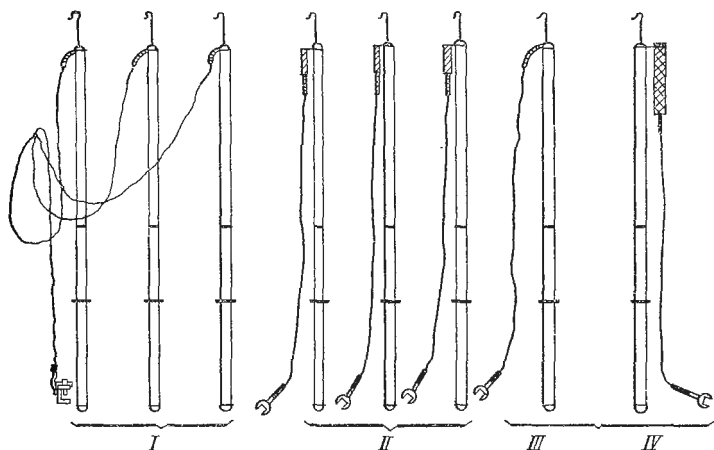


Рис. 44. Комплект КУУ:

I — спецзаземление; II — устройство для «холодной» фазировки; III — устройство для подачи испытательного напряжения; IV — разрядное устройство

10 МОм, второй фазы — резистор 1 МОм, а третья фаза заземляется непосредственно. Оба резистора заделаны в эпоксидные патроны, имеющие соответствующую маркировку.

Общий вид КУУ-6—10 представлен на рис. 44, внешний вид — на рис. 45.

Порядок работы с КУУ-6—10. Работа с комплектом проводится двумя лицами из числа дежурного или оперативно-ремонтного персонала, прошедшими соответствующее обучение, с группами по электробезопасности не



Рис. 45. Внешний вид комплекта КУУ

ниже IV и III. Работа производится в диэлектрических перчатках, на изолирующем основании. После окончания работы с мегаомметром необходимо снять остаточный заряд с проверяемого оборудования спецзаземлением.

При испытании повышенным напряжением изолированные провода устройства должны находиться на расстоянии не менее 0,6 м от оператора, токоведущих и заземленных конструкций.

При снятии остаточного заряда после испытания повышенным напряжением устройство с токоограничивающим сопротивлением накладывается непосредственно на высоковольтный вывод испытательной установки. Перед каждым применением устройство проверяется на отсутствие загрязнений, механических повреждений и нарушений контактных соединений.

Эксплуатационным испытаниям устройство не подвергается. Комплект следует хранить в чехле в сухих помещениях при отсутствии воздействия агрессивных сред.

5. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ИСПРАВНОСТИ УКАЗАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ТИПА ППУ

Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок предписывают индицировать напряжение с помощью указателя, исправность которого перед применением должна быть проверена на токоведущих частях, заведомо находящихся под напряжением, или с помощью специального прибора. Необходимость применения такого прибора возникает при работах на подстанциях с одним питающим вводом, на трассах кабелей при вскрытии муфт, на одиночных воздушных линиях, на кабелях электродвигателей и др.

Конструкция прибора должна обеспечивать проверку указателей напряжения, работающих на принципе протекания емкостного тока (УВН-10, УВН-80, УВН-90), а также на принципе электростатической индукции (УВНБ).

Ранее в связи с отсутствием таких приборов промышленного изготовления в практике применялись самодельные конструкции разных типов. Приборы были основаны на преобразовании малого напряжения источника постоянного тока в высокое напряжение переменного тока повышенной частоты с помощью схемы, содержащей искровой прерыватель (типа «Зуммер») и повышающий трансформатор (или специальную обмотку на общем магнитопроводе). При однополюсном контакте указателя с таким прибором цепь питания неоновой лампы указателя замыкается через емкостные связи «прибор — оператор — указатель». Принципиальная схема такого искрового прибора представлена на рис. 46.

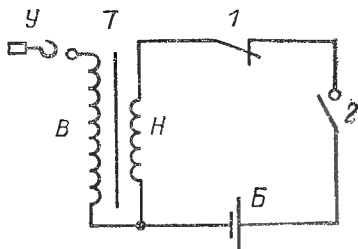
Опыт показал, что приборы с искровым прерывателем не отличаются достаточной надежностью и электробезопасностью. В некоторых самодельных конструкциях напряжение на выходе поднималось до неоправданно больших значений (до 20 кВ при использовании бобин от систем зажигания автомобилей и мотоциклов).

Основной дефект — подгорание и выход из строя контактов реле, не предназначенных для работы в режиме зуммера.

Мосэнерго была поставлена задача создать промышленный образец прибора, соответствующего следующим основным требованиям:

Рис. 46. Электрическая схема прибора типа «Зуммер» для проверки исправности указателя напряжения:

T — трансформатор; H — катушка низкого напряжения преобразователя (280 витков); B — катушка повышенного напряжения преобразователя (1350 витков); $Б$ — источник питания; $У$ — проверяемый указатель; 1 — размыкающий контакт преобразователя; 2 — пусковая кнопка



портативность (масса и габариты, удобные для переноски в кармане);

напряжение переменного тока на выходе 600—700 В;

напряжение источника питания 3,5—4,5 В;

емкость источника питания 0,25—0,5 А·ч;

частота выходного напряжения должна обеспечивать свечение лампы проверяемого указателя при его однополюсном подключении к прибору (при наличии естественных емкостных связей);

прибор должен быть электробезопасным.

При разработке прибора была применена схема транзисторного преобразователя напряжения, работающего на принципе автогенератора (генератора электрических колебаний с самовозбуждением с индуктивной обратной

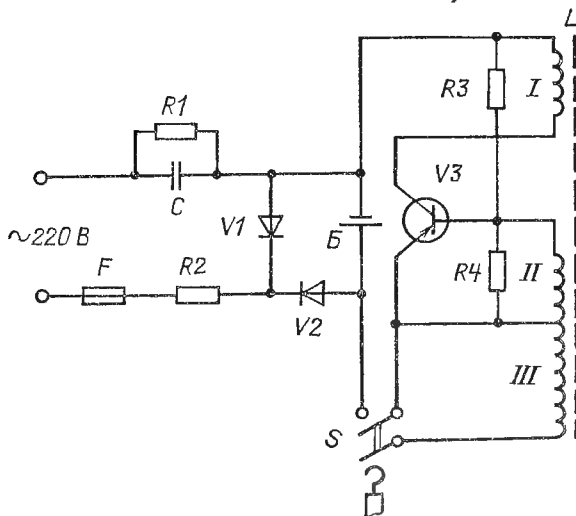


Рис. 47. Электрическая схема ППУ-1 (однотактная)

связью). Напряжение источника постоянного тока в таких системах, работающих по одноконтной или двухконтной схеме, преобразуется в напряжение переменного тока с помощью транзисторов, используемых в ключевом режиме (открыт — закрыт). Полученное переменное напряжение определенной частоты трансформируется до необходимого значения.

Были разработаны приборы двух типов:

ППУ-1, работающий по одноконтной схеме;

ППУ-2, работающий по двухконтной схеме.

На рис. 47 представлена электрическая схема ППУ-1, на рис. 48 — схема ППУ-2.

В качестве источников питания в приборах обоих типов были применены батареи типа КБС-0,5 либо мало-

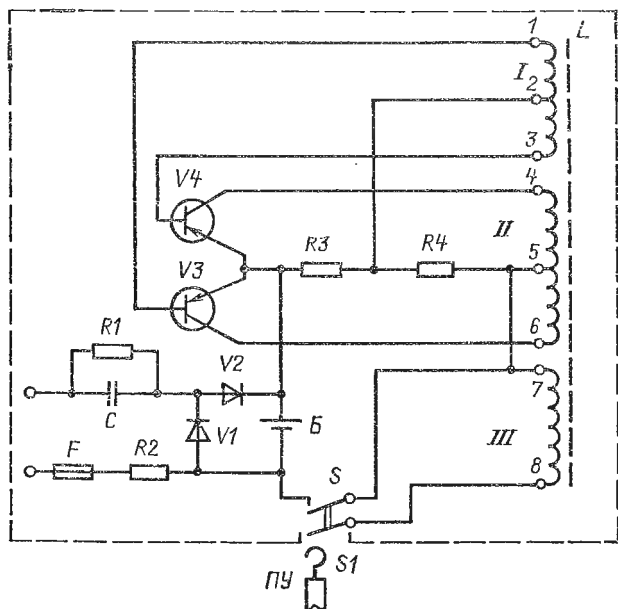
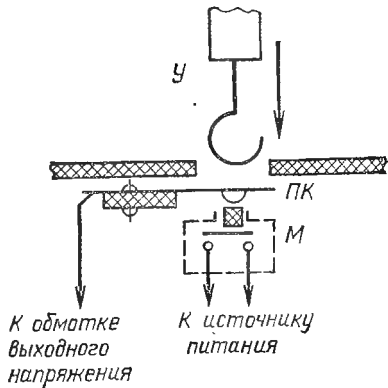


Рис. 48. Электрическая схема ППУ-2 (двухконтная):

$R1$ — МЛТ-0,25, 470 кОм; $R2$ — МЛТ-1,0, 180 Ом; $R3$ — МЛТ-0,25, 120 Ом; $R4$ — МЛТ-0,25, 1,5 кОм; C — конденсатор МБМ-160, 0,5 мкФ; $Б$ — аккумулятор Д-0,25, 4 шт.; S — микропереключатель МП-3-1; $S1$ — контакт нестандартный ПМ-0,15; $V3, V4$ — транзистор МП-39; $ПУ$ — проверяемый указатель; L — катушка трансформатора; обмотка I ; ПЭВ-1, 24×2 витка, $\varnothing$ 0,31; обмотка II ; ПЭВ-1, 18×2 витка, $\varnothing$ 0,31; обмотка III ; ПЭВ-1, 7000 витков, $\varnothing$ 0,1; сердечник М400НН8×60

Рис. 49. Система пускового и выходного контактов ППУ:

М — микропереключатель (пусковой); *ПК* — пластинчатый контакт выходного напряжения; *У* — проверяемый указатель



габаритные аккумуляторы типа Д-0,25 (4 шт.) со встроенным подзарядным устройством от сети 220 В.

Серийно выпускаемый прибор ППУ укомплектован аккумуляторами Д-0,25 с подзарядным устройством.

Прибор смонтирован в изолирующем корпусе из ударопрочного полистирола и имеет систему блокировки, обеспечивающую удобство пользования и безопасность (рис. 49). При проверке крючок указателя вводится в отверстие в корпусе, при нажатии (в направлении стрелки) он, касаясь пластины ввода высокого напряжения, одновременно включает микропереключатель источника питания.

Технические характеристики ППУ-2

Напряжение источника питания, В	3,5—4,5
Напряжение на выходе, В	600—800
Частота выходного напряжения, кГц	16—20
Потребляемый ток, мА	Не более 50
Габариты, мм	114×72×40
Масса, кг	0,23

6. УСТРОЙСТВО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ГРОВОЙ ОПАСНОСТИ УПГО-1

Устройство УПГО-1 разработано СКТБ ВКТ Мосэнерго совместно с АзНИИЭ имени И. Г. Есьмана. Устройство предназначено для сигнализации о приближении фронта грозы, обнаруженного на расстояниях 40, 25 и 10 км от защищаемого объекта.

В энергетике устройства УПГО-1 предназначены для установки на автомашинах оперативно-выездных (ОВБ) и ремонтных (БЦР) бригад электросетевых районов энергосистем. Оснащение автомашин ОВБ и БЦР уст-

ройствами УПГО-1 позволяет производить работы на ВЛ и подстанциях в условиях близкой грозовой опасности, что значительно сокращает простои и недоотпуск электроэнергии народному хозяйству.

В устройстве УПГО-1 использован метод регистрации превышения электромагнитных возмущений, вызываемых разрядом молнии в главноканальной стадии, заданного уровня. Уровень электромагнитного излучения разряда молнии убывает обратно пропорционально удалению от разряда. Эта зависимость использована для определения расстояния удаления очага разрядов молнии от места регистрации.

Конструктивно устройство состоит из двух частей: антенного блока и исполнительного блока, соединенных между собой радиочастотным кабелем (рис. 50).

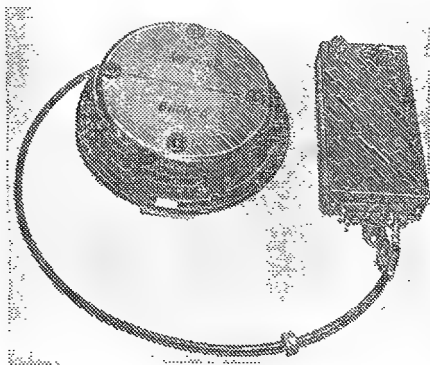


Рис. 50. Общий вид устройства УПГО-1:

БЛОК-А — антенный блок; *БЛОК-Э* — исполнительный блок

В качестве индикатора используется звуковой сигнал автомашин. Питание устройства осуществляется от автомобильного аккумулятора напряжением 12 В.

Влагонепроницаемый антенный блок устанавливается на кабине (или крыше) автобуса, исполнительный блок — в кабине (или салоне) автобуса. На исполнительном блоке расположена единственная ручка управления устройством, которая имеет четыре положения — «Выкл», «40», «25» и «10». Цифры обозначают радиус действия устройства в километрах.

При прибытии бригады на место производства работ переключатель устанавливают в положение «40». При приближении фронта грозы на расстояние 40 км устройство срабатывает — раздаются прерывистые звуковые сигналы. Переключатель переводят в положение «25». Бригада прекращает работу при появлении сигналов в положении переключателя «10», что свидетельствует о движении фронта грозы к месту работы. Устройство не указывает, с какого направления приближается фронт грозы.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 51. Антенна выполнена на двух ферритовых стержнях. Стержни расположены горизонтально и взаимно перпендикулярно. Сигнал с одной антенной катушки снимается непосредственно, с другой — через фазовращающую цепочку со сдвигом по фазе на 90° . Расположение стержней позволяет получить круговую диаграмму направленности антенны в горизонтальной плоскости.

Путем ослабления сигнала, поступающего от одной из катушек, диаграмма направленности принимает форму эллипса с соотношением осей 1:1,5. Переключатель *S1* (на рисунке не показан), расположенный внутри антенного блока, позволяет выбрать одну из двух диаграмм направленности — круговую или эллипсоидную.

Сигнал от антенны через разделительный конденсатор поступает на согласующий антенный усилитель, выполненный на транзисторах *V1* и *V2*.

Первый каскад этого усилителя выполнен на полевом транзисторе с тем, чтобы не перегружать антенну и не искажать диаграмму направленности. Нагрузкой антенного усилителя являются резисторы *R8—R10*, расположенные в исполнительном блоке. Благодаря такому решению удалось осуществить соединение антенны и исполнительного блока с помощью обычного коаксиального кабеля, по которому передается и полезный сигнал, и питание на антенный усилитель.

Сигнал с антенного блока поступает на переключатель *S2.1*, которым осуществляется установка чувствительности всего устройства на одном из трех пределов, соответствующих расстоянию 10, 25 и 40 км.

Далее сигнал поступает на усилитель на транзисторе *V3*. Этот усилитель имеет регулировку усиления с помощью подстроечного резистора *R15*. Регулировка усиления

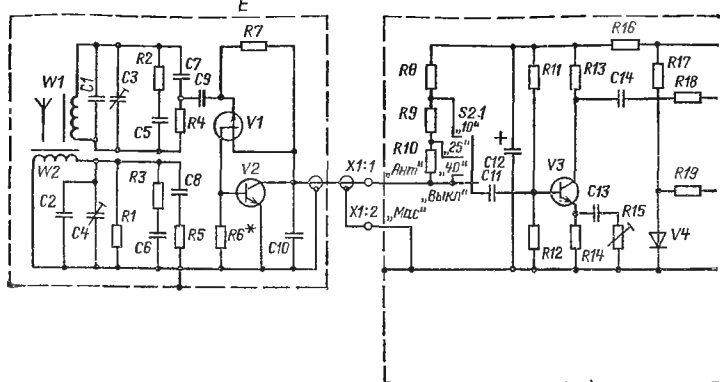
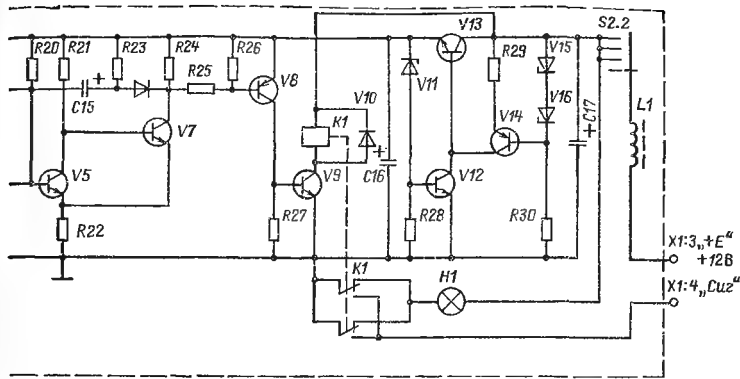


Рис. 51. Принципиальная схема устройства УПГО-1. Перечень элементов: резисторы типа СПЗ-16: $R1$ — 68 кОм; $R15$ — 470 Ом; резисторы типа МЛТ-0,25: $R11$ — 5,6 кОм; $R12$ — 2 кОм; $R13$ — 1 кОм; $R14$ — 510 Ом; $R16$ — 100 Ом; $R17$ — 24 — 3,9 кОм; $R25$ — 18 кОм; $R26$ — 2,7 кОм; $R27$ — 1 кОм; $R28$ — 130 Ом; $C5$ — $C8$ — 130 пФ; $C9$ — 270 пФ; $C10$ — 130 пФ; конденсаторы типа КПК-3: $C3$, саторы типа К50-3А: $C12$, $C16$ — 50,0 мкФ; $C15$ — 100,0 мкФ; $C17$ — 20,0 мкФ; $V8$ — МП41А; $V9$ — КТ608Б; $V12$ — КТ306Б; $V13$ — КТ608Б; $V14$ — МП41А; диоды $V15$, $V16$ — Д814А; микропереключатели и переключатели: $S2$ — ПГК.5П2Н; $W1$, $W2$ — антенны ферритовые — стержень М150ВЧ $\varnothing$ 10×60; обмотка проводом М2000НМ-А 20×12×6; обмотка проводом ПЭВ-2 $\varnothing$ 0,41 мм 50 витков

позволяет выставить чувствительность всего устройства при настройке.

Усиленный сигнал поступает на пороговое устройство, выполненное на транзисторах $V5$ и $V7$, которое срабатывает, если амплитуда сигнала на его входе превышает заранее определенное значение. На выход порогового устройства через усилитель мощности на транзисторах $V8$ и $V9$ подключено электромагнитное реле, которое своими контактами размыкает цепь питания индикаторной лампы и замыкает цепь сигнала автомобиля. Таким образом, при появлении в пределах зоны чувствительности устройства грозового разряда раздается звуковой сигнал длительностью около 1 с и гаснет индикаторная лампа. Питание устройства, за исключением реле и индикаторной лампы, осуществляется через электронный стабилизатор напряжения, который обеспечивает сохранение качественных показателей характеристик при изменении напряжения в бортовой сети автомобиля. Для защиты устройства от импульсных помех в цепь питания включен дроссель.



* Подбирают при регулировании

МЕНТОВ:

$R2-R5$ — 12 кОм; $R6$ — 270 Ом; $R7$ — 1,0 Ом; $R8$ — 200 Ом; $R9, R10$ — 100 Ом; $R19$ — 1 кОм; $R20$ — 12 кОм; $R21$ — 3,3 кОм; $R22$ — 47 Ом; $R23$ — 1,8 кОм; $R29$ — 470 Ом; $R30$ — 2,2 кОм; конденсаторы типа КСО-1: $C1, C2$ — 270 пФ; $C4$ — 25/150 пФ; конденсаторы типа КЛС-2: $C11, C13, C14$ — 0,1 мкФ; конденсаторы: $V1$ — КП103Л; $V2, V3$ — КТ306Б; $V5$ — КТ306Б; $V7$ — КТ306Б; диоды и стабилитроны: $V4$ — Д814А; $V6$ — Д9К; $V10$ — Д226Б; $V11$ — КС168А; $H1$ — лампа накаливания А12-1; $K1$ — реле МКУ-48 С; $X1$ — колодка зажимов; дом ПЭВ-2 $\varnothing$ 0,17 мм 320 витков; $L1$ — дроссель, сердечник — ферритовое

Предприятие — изготовитель устройства УПГО-1—
«Азэнергоналадка» (г. Баку).

7. ПЕРЕНОСНЫЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ДЛЯ ВЛ 110—750 кВ

Переносные заземления для воздушных линий электропередачи применяются для исключения возможности поражения персонала при работах на проводах и грозозащитных тросах, а также при работах, проводимых на расстояниях от них, меньших предельно допустимых. Напряжение на отключенных, но незаземленных проводах ВЛ может появиться не только в результате ошибочного включения, но и вследствие разряда молнии и, главным образом, электростатических наводок от проводов той же или соседней ВЛ, находящихся под напряжением. Так, при пофазном ремонте ВЛ потенциал незаземленного провода зависит от напряжения ВЛ, его расстояния до неотключенных проводов и не зависит от длины провода. Например, на ВЛ 110 кВ потенциал незаземленного провода достигает 9,5 кВ [3]. Это обстоятельство, а также значительные расстояния от опоры до проводов ВЛ

110 кВ и выше приводят к необходимости применения специальных штанг, рабочей частью которых являются зажимы для наложения на токоведущие части, соединенные с заземляющими проводниками. Для ВЛ 110 кВ и 220 кВ выпускаются соответственно однофазные и трехфазные переносные заземления типов ШЗП-110У1 и ШЗП-220У1, состоящие из изолирующей штанги, винтовых зажимов и заземляющих проводов со струбцинами. Однако эти заземления тяжелы и неудобны в эксплуатации. Применение подобной конструкции переносных заземлений для ВЛ высших классов напряжений вообще невозможно.

Переносные заземления должны отвечать требованиям, изложенным в [2]. Масса и конструкция штанги переносного заземления, если работает с ней один оператор, должна быть такой, чтобы максимальное усилие, прилагаемое к ней у ограничительного кольца, не превышало 157 Н (15 кг). В противном случае необходимо предусмотреть поддерживающее устройство и участие в работе второго оператора.

Заземляющие проводники выполняются из неизолированного гибкого (многожильного) медного провода (например, марки МГГ или ПЩ). Изоляция делает невозможной внешний осмотр поверхности проводников, что необходимо для обнаружения возможного повреждения отдельных жил, изломов и т. п. Сечение заземляющих проводников должно быть достаточным для того, чтобы исключить их расплавление или чрезмерный нагрев при протекании токов КЗ. Начальная и конечная температуры проводников принимаются равными соответственно 30 и 850 °С. В этом случае их наименьшее сечение, мм², определяется по приближенной формуле

$$S_{min} = \frac{I_{уст} \sqrt{t_b}}{272},$$

где $I_{уст}$ — наибольшее значение установившегося тока КЗ, А; t_b — время наибольшей выдержки релейной защиты, с.

Сечение заземляющих проводников можно определить также с помощью табл. 2.

По условию механической прочности сечение заземляющих проводников не может быть менее 25 мм² (в электроустановках выше 1 кВ). Для заземления грозозащитных тросов допускается применение заземляющих про-

Т а б л и ц а 2. Выбор сечения заземляющих проводников

Сечение заземляющего проводника, мм ²	Максимально допустимый ток КЗ, кА, при длительности выдержки основной релейной защиты, с		
	0,5	1	3
25	10	7	4
50	20	14	8
70	25	18	10
90	35	25	15
2×50	40	28	16
2×95	70	50	30

водников сечением 10 мм². Если условие необходимой термической стойкости переносного заземления не выполняется, допускается установка на одну токоведущую часть двух переносных заземлений.

Переносное заземление должно надежно закрепляться на заземляемой токоведущей части и выдерживать электродинамические усилия, возникающие при протекании токов КЗ. Данное условие налагает определенные требования к механической прочности переносного заземления, конструкции фазных зажимов.

Переносные заземления с металлическими звеньями, разработанные СКТБ ВКТ Мосэнерго, применяются для заземления проводов ВЛ 110—750 кВ и грозозащитных тросов ВЛ 330—750 кВ. Их отличительной особенностью является применение пружинного фазного зажима и разборной штанги, состоящей из одного изолирующего звена и нескольких (в зависимости от назначения) металлических звеньев, входящих в электрическую цепь заземления. Такое конструктивное решение повышает удобство пользования переносным заземлением, позволяет сократить длину заземляющего проводника и снизить массу всего устройства.

Выпускаются следующие типы переносных заземлений с металлическими звеньями (табл. 3): ПЗ-110-220 для ВЛ напряжением 110, 154 и 220 кВ, ПЗ-330-500 и ПЗ-750. Кроме того, для заземления грозозащитных тросов выпускаются переносные заземления ПЗТ-330-500 и ПЗТ-750. Общий вид заземлений показан на рис. 52—55.

Изолирующая часть с рукояткой изготавливается из стеклоэпоксидных (ПЗ-110-220) или бумажно-бакелито-

Т а б л и ц а 3. Основные технические данные переносных заземлений с металлическими звеньями

Характеристики	ПЗ-110-220	ПЗ-330-500	ПЗ-750	ПЗТ-330-500	ПЗТ-750
Сечение заземляющего провода, мм ²	25	25	25	10	10
Длина заземляющего провода, мм	2000	2500	3000	1500	3000
Длина изолирующего звена с рукояткой, мм	1300	2000	2000	1300	1400
Длина металлических звеньев, мм	1000×2	1320+ +1340+ +1000*	2000× ×3	—	800× ×1
Общая длина, мм	3300	5500	8020	1300	2210
Диаметры заземляемых проводов, мм	10,7— 30,2	23—33	23—33	9—20	9—20
Диаметр поддерживающего фала, мм	—	—	8	—	—
Длина поддерживающего фала, мм	—	—	10 000	—	—
Ток термической стойкости в течение 0,5 с, кА	10	10	10	—	—
Ток электродинамической стойкости за первый полупериод, кА	25	25	25	—	—
Испытательное напряжение изолирующей части, кВ	100	100	150	50	100
Масса, кг	3,5	5,5	7	1,3	1,9

* Для наложения заземления на анкерно-угловых опорах с большим вылетом траверсы штанга снабжается дополнительным удлиняющим звеном длиной 1000 мм

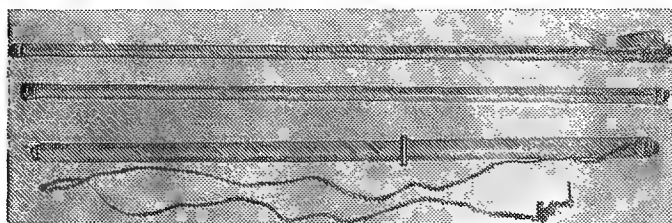


Рис. 52. Переносное заземление типа ПЗ-110 — 220

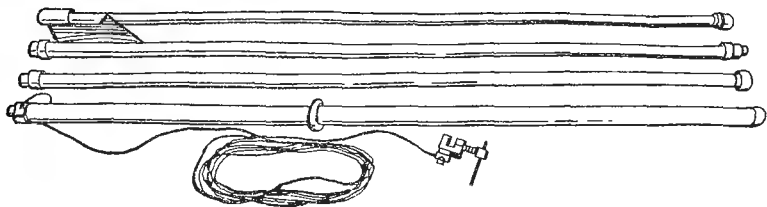


Рис. 53. Штанговое заземление ПЗ-750

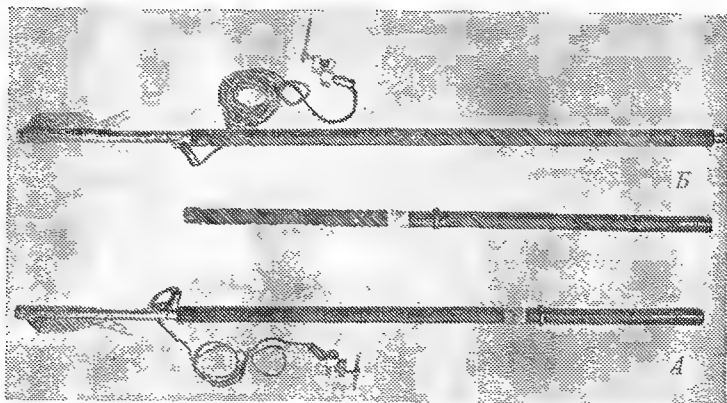


Рис. 54. Переносное заземление ПЗТ-330 — 500 (А) и ПЗТ-750 (Б)

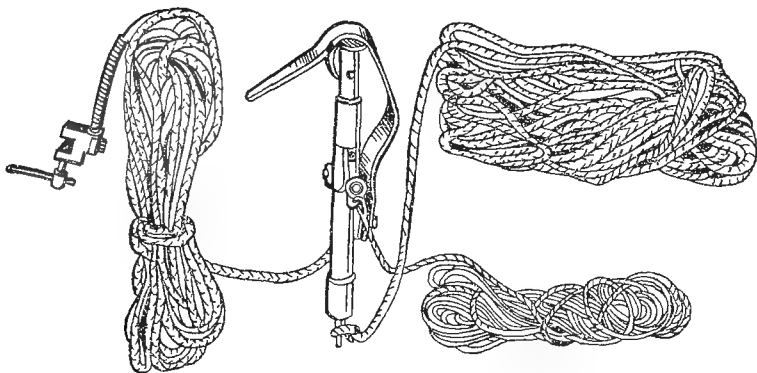


Рис. 55. Бесштанговое заземление ПЗ-750

вых (остальные типы) трубок, причем рукоятка представляет собой одно целое с изолирующей частью. На ее границе с рукояткой устанавливается ограничительное кольцо. Для изготовления металлических звеньев применяются дюралюминиевые трубки, детали винтовых разъемов — муфт и втулок сделаны из стали. Переходное сопротивление постоянному току в узлах сочленений не превышает 0,3 мОм. Сочленение разъемов с трубками осуществляется методом тугой посадки с применением стальных уплотняющих колец. Заземляющий провод присоединяется к винтовому разьему изолирующей части под болт с применением амортизационной пружины. Аналогичным образом заземляющий провод присоединяется к струбцине заземления.

Пружинящий зажим типа «ножницы» обеспечивает усилие нажатия в месте контакта, достаточное для надежного закрепления на проводе. Конструкция винтовых разъемов, зажимов, а также сечение заземляющих проводов обеспечивают необходимую термическую и электродинамическую стойкость переносных заземлений к токам КЗ.

При наложении заземления улавливатель штанги кладется на провод подвижной частью зажима вниз, после чего оператор коротким резким движением подает штангу на себя, обеспечивая самозащелкивание зажима на проводе. Рукоятка штанги после наложения заземления должна быть закреплена на опоре. Снятие заземления производится в обратном порядке.

Для облегчения работы со штангой заземления ПЗ-750 она снабжается поддерживающим капроновым фалом, которым оперирует второй электромонтер из числа производящих наложение заземления. Поддерживающий фал присоединяется к штанге при помощи хомута с карабином.

Бесштанговое заземление. При заземлении проводов ВЛ 750 кВ с промежуточных опор применяется бесштанговое заземление, входящее в комплект ПЗ-750.

Основные технические характеристики бесштангового заземления

Сечение заземляющего провода, мм ²	25
Длина заземляющего провода, мм	8000
Диаметр фала, мм:	
поддерживающего	8
управляющего	4—6

Длина фала, мм:	
поддерживающего	10 000
управляющего	10 000
Ток термической стойкости в течение 0,5 с, кА	10
Ток электродинамической стойкости за первый полупериод, кА	25
Масса, кг	3

Бесштанговое заземление состоит из улавливателя провода (лапы) и пружинящего зажима с фиксатором (подпружиненной защелкой), служащим для удерживания пружины зажима во взведенном состоянии. Заземляющий провод со струбциной присоединяется к корпусу заземления с помощью болтового соединения, а поддерживающий фал, при помощи которого осуществляется подъем и спуск заземления с траверсы, — с помощью карабина. Для освобождения пружины зажима служит управляющий фал, который присоединяется к фиксатору также посредством карабина. Фалы изготовлены из капрона.

Меры безопасности при использовании переносных заземлений определяются общими правилами [1]. В частности, все операции с заземлением должны производиться двумя лицами с группами по электробезопасности IV и III. Вначале необходимо присоединить струбцину заземления к телу опоры, убедиться в отсутствии напряжения (на грозозащитном тросе отсутствие напряжения не проверяется), затем наложить заземление. Все операции на опоре должны производиться после закрепления работающих поясом. Наложение и снятие переносных заземлений должны выполняться в диэлектрических перчатках.

Устройство для наброса на провода ВЛ до 10 кВ. СКТБ ВКТ Мосэнерго разработало устройство, предназначенное для экстренного отключения и заземления ВЛ напряжением от 0,22 до 10 кВ во всех случаях, требующих освобождения пострадавшего от действия электрического тока.

В соответствии с правилами [1] для освобождения пострадавшего от действия электрического тока на ВЛ, когда невозможно применение иных способов (отключение коммутационной аппаратурой, использование диэлектрических средств защиты на данное напряжение и пр.), необходимо прибегнуть к короткому замыканию всех проводов линии с помощью неизолированного заземленного провода, так называемого наброса. При этом долж-

ны быть приняты меры предосторожности, чтобы набрасываемый провод не коснулся спасающего и пострадавшего.

При применении наброса необходимо отключить линии за кратчайшее время, с тем чтобы от начала действия тока на пострадавшего до начала оказания ему доврачебной помощи прошло не более 5 мин.

Таким образом, при наличии общих требований не существовало определенной конструкции, имеющей конкретные технические характеристики.

В результате изучения вопроса в различных РЭУ Минэнерго СССР было установлено, что некоторые предприятия (например, Ленэнерго) изготавливают набросы самодельных конструкций, не имеющие фиксированных параметров. В процессе разработки были проанализированы данные по ряду РЭУ о значениях токов КЗ, временных уставках релейной защиты, циклах АПВ на ВЛ 0,22—10 кВ и определена оптимальная термическая стойкость конструкции наброса: 5/2,2 кА/с при однократном АПВ.

В процессе лабораторных и полевых испытаний были установлены следующие требования к конструкции наброса:

- 1) безопасность для оператора и пострадавшего;
- 2) возможность фиксации закоротки наброса на проводах ВЛ для обеспечения надежного ее отключения;
- 3) надежность заземления закоротки;
- 4) оперативность при применении наброса.

В результате полевых испытаний на действующей ВЛ была отработана окончательная конструкция, получившая название устройство для наброса.

Устройство (рис. 56) содержит закоротку (активная часть) из медного неизолированного гибкого провода МГГ 70 мм² длиной 6,5 м; заземляющий спуск длиной 15 м из провода МГГ 10 мм²; изолирующий канатик из капроновой плетеной лески диаметром 4 мм, длиной 25 м; метательный груз массой 0,2 кг; специальный узел сочленения активной части закоротки с изолирующим канатиком; уловитель-кошку для фиксации активной части закоротки на проводах ВЛ; изолирующую трубку длиной 1,5 м на активной части закоротки для предотвращения пережога дугой при КЗ изолирующего канатика; заземлитель диаметром 25 мм, длиной 1 м; барабан для укладки закоротки и изолирующего канатика.

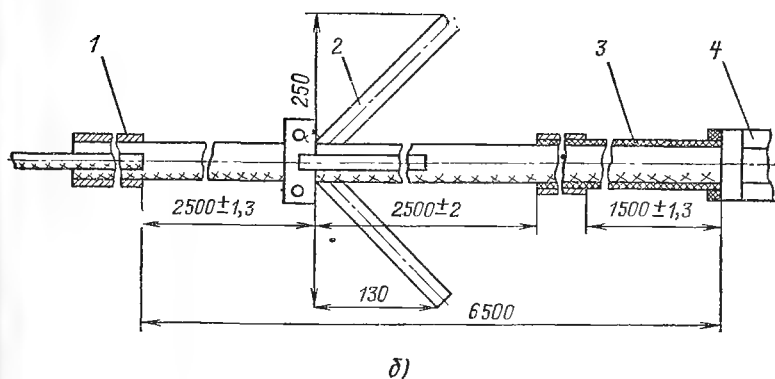
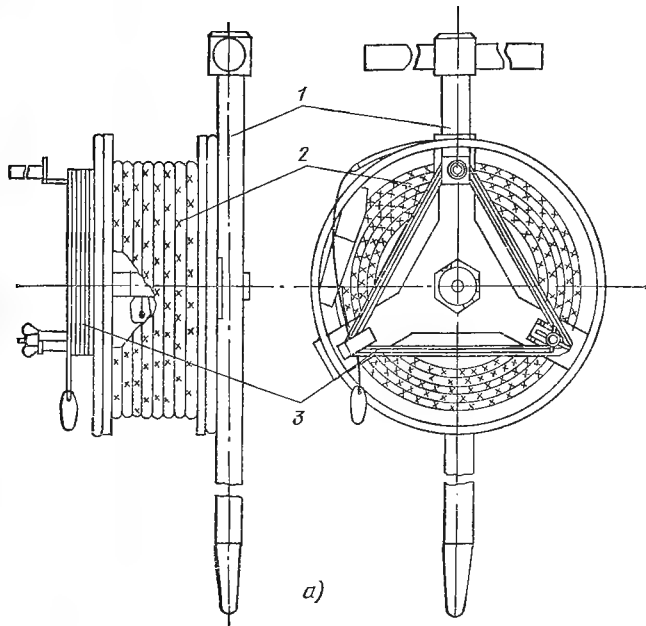


Рис. 56. Устройство для наброса на провода ВЛ до 10 кВ:

а — общий вид: 1 — стальной заземлитель; 2 — барабан с закороткой; 3 — изолирующий канатик с металлическим грузом; б — активная часть с улавливателем и узлы сочленения: 1 — узел сочленения активной части и заземляющего спуска; 2 — улавливатель; 3 — изолирующая трубка; 4 — узел сочленения активной части с изолирующим канатиком

Устройство забивается в грунт кувалдой на расстоянии 4 м от оси ВЛ, сматывается изолирующий канатик и затем с помощью метательного груза перебрасывается через провода ВЛ, далее оператор быстро перемещается от оси ВЛ, натаскивая на провода активную часть закоротки, обеспечивая КЗ; после срабатывания защиты и АПВ оператор идет назад, переходит под ВЛ и с натягом закрепляет изолирующий канатик на заземлителе или на опоре ВЛ (рис. 57).

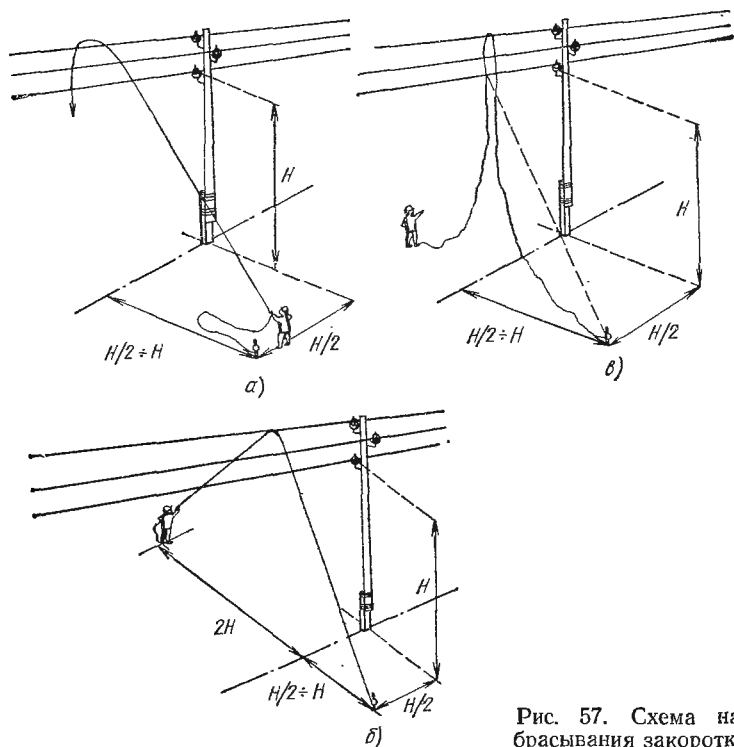


Рис. 57. Схема набрасывания закоротки

При конструировании устройства его основные электрические и механические параметры, электробезопасность и удобство пользования были отработаны на действующих ВЛ. Номинальная термическая стойкость, согласно статистическим данным, соответствует токам КЗ большинства ВЛ до 10 кВ.

Техническая характеристика

Длина закоротки, м:	
активная часть	6,5
заземляющая часть	15
Сечение закоротки, мм ² :	
активная часть	70
заземляющая часть	10
Длина изолированного участка активной части, м . . .	1,5
Длина изолирующего канатика, м	25
Сечение изолирующего канатика, мм ²	4
Длина заземлителя, м	1
Диаметр заземлителя, мм	21
Масса метательного груза, кг	0,2
Масса устройства, кг	11,5
Термическая стойкость, кА/с	5/2,2

8. ЭКРАНИРУЮЩИЕ КОМПЛЕКТЫ СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ РАБОТЫ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Развитие сети магистральных линий электропередачи сверхвысокого напряжения (СВН) — 300 кВ и выше — привело к возникновению проблем, связанных с защитой персонала, обслуживающего воздушные линии и подстанции, от воздействия электрического поля и сопутствующих факторов.

Воздействие электрического поля на организм человека изучено достаточно хорошо, хотя некоторые медицинские и биологические аспекты этого воздействия пока не ясны. Многочисленные исследования показали, что длительное пребывание человека в электрическом поле напряженностью выше 5 кВ/м может вызвать функциональные (т. е. обратимые, проходящие) расстройства: головную боль, слабость, утомляемость, головокружение, нарушение сна. Изменения фиксируются и при медицинских обследованиях: анализе крови, электрокардиографии и т. п.

На основе этих данных в СССР разработаны как обязательные гигиенические нормативы, приведенные в табл. 4.

При напряженности поля 5 кВ/м и менее производство работ не ограничивается как по характеру, так и по длительности выполнения; при напряженности поля более 25 кВ/м или если требуется большая продолжительность пребывания человека в поле, чем указано в табл. 4, ра-

Таблица 4. Допустимая напряженность электрического поля электроустановок СВН

№ п/п	Напряженность электрического поля, кВ/м	Допустимая продолжительность пребывания человека в течение суток в электрическом поле, мин
1	5	Без ограничения
2	10	180
3	15	90
4	20	10
5	25	5

Примечание. Нормативы по пп. 2—5 действительны при условии, что в остальное время рабочего дня человек находится в местах, где напряженность электрического поля меньше или равна 5 кВ/м.

боты должны проводиться с применением средств защиты.

Рассмотрим кратко принципы и общие методы защиты от электрических полей установок СВН.

Электромагнитное поле существует вокруг любых токоведущих частей электроустановки, находящихся под напряжением, и обусловлено наличием на них переменных потенциалов.

Электрическая и магнитная составляющие поля промышленной частоты являются квазистатическими, т. е. могут рассматриваться отдельно и в каждый момент времени могут быть рассчитаны по законам электро- и магнитостатики.

При рассмотрении биологического воздействия поля промышленной частоты его магнитная компонента, как правило, не учитывается, так как доказано, что его влияние незначительно по сравнению с воздействием электрической составляющей.

Напряженность электрического поля ОРУ и ВЛ СВН может быть рассчитана, исходя из конфигурации токоведущих частей и заземленного оборудования, или измерена с помощью специальных приборов — измерителей напряженности электрического поля (типов ПЗ-1 и ПЗ-1М). В настоящее время уровни напряженности электрического поля на подстанциях рассчитываются уже на стадии проектирования. Это позволяет значительно уменьшить площади зон с повышенной напряженностью, сократить затраты на сооружение стационарных экранирующих устройств и улучшить условия труда.

Об уровне напряженности поля в реальных условиях

подстанций дают представление следующие результаты натурных измерений на подстанции 500 кВ (до внедрения защитных мероприятий):

Место измерения	Напряженность поля, кВ/м
Ячейка воздушного выключателя	19
Ячейка трансформатора тока	15
Ячейка разъединителя	15
Ячейка трансформатора напряжения	17
Ячейка разрядника	21
Ячейка силового трансформатора и шунтирующего реактора	Менее 5
Верхние точки воздушных выключателей	35

Помимо непосредственного действия электрического поля на организм человека вблизи электроустановок СВН возможно также воздействие установившихся (длительных) и импульсных (разрядных) токов. Установившийся ток обусловлен емкостью между телом человека и токоведущими частями:

$$I = 2\pi f U_{\phi} C_{\text{эк}}, \quad (2)$$

где $f = 50$ Гц; U_{ϕ} — фазное напряжение электроустановки; $C_{\text{эк}}$ — эквивалентная емкость.

Через тело человека, находящегося в электрическом поле напряженностью E , кВ/м, протекает ток, значение которого можно определить по следующей формуле, мкА:

$$I = (12 \div 15) E. \quad (3)$$

В формуле (3) точное значение коэффициента в скобках определяется ростом человека.

Установившийся ток является важным (но не единственным) фактором, воздействующим на организм человека, находящегося в электрическом поле. Нормирование этого тока по условию безопасности эквивалентно нормированию напряженности электрического поля, так как при одной и той же емкости $C_{\text{эк}}$ их значения пропорциональны.

Установившиеся токи протекают через тело человека и в случае, когда он одновременно имеет достаточно хороший контакт с землей и крупногабаритным токопроводящим объектом, находящимся в электрическом поле и изолированным от земли (например, автомобилем, механизмом на резиновом ходу). Значение установившегося тока определяется формулой (2), но так как в рассмат-

риваемом случае емкость $C_{\text{эк}}$ значительно больше, его воздействие может быть не только ощутимым, но и весьма болезненным.

Импульсные токи возникают, как правило, в двух случаях: при прикосновении человека, изолированного от земли (например, обувью), к заземленному предмету или же к объекту, изолированному от земли (например, к автомобилю). В последнем случае степень воздействия импульсного тока зависит от сопротивления между телом человека и землей: при малом значении этого сопротивления происходит разряд емкости «объект—земля», при большом — выравнивание потенциалов тела человека и объекта.

Амплитуда импульсного тока зависит от емкости «объект—земля» и переходного сопротивления. Так, при прикосновении к автомобилю амплитуда импульсного тока достигает единиц и десятков ампер, однако длительность импульса мала (единицы микросекунд).

Субъективные ощущения при разряде сильно зависят от того, происходит разряд непосредственно через тело человека или же через промежуточное проводящее звено (инструмент и т. п.). В последнем случае ощущения значительно слабее, что объясняется меньшей поверхностной плотностью тока.

Импульсные токи, особенно возникающие при прикосновении человека, изолированного от земли, к заземленным металлоконструкциям, непосредственной опасности не представляют, однако их частое воздействие, что возможно при работах в распределительных устройствах, может привести к неблагоприятным последствиям. Так, при лабораторных исследованиях было зафиксировано изменение электроэнцефалограммы, электрокардиограммы, ритма пульса и дыхания. Наблюдалось также «привыкание» к разрядам, что указывает на стрессовый характер их воздействия. Однако адаптация к разрядам проявлялась в меньшей степени при их неожиданном, неритмичном воздействии, что характерно для реальных условий.

Параметром, определяющим степень субъективных ощущений при воздействии импульсного тока, следует считать величину заряда, прошедшего через тело человека. Заряд, классифицируемый как различимый, составляет около 0,3 мкКл.

Между наведенным на объекте (в том числе и на теле

человека) зарядом q и установившимся током I существует линейная зависимость

$$q = \frac{\sqrt{2}}{2\pi f} I. \quad (4)$$

Это позволяет определять значение наведенного заряда, если известен установившийся ток. Например, значение безопасного тока часто принимается равным 60 мкА. В этом случае наведенный заряд согласно формуле (4) равен 0,27 мкКл. В свою очередь, 60 мкА согласно (3) — минимальное значение установившегося тока, протекающего через человека в электрическом поле напряженностью 5 кВ/м. Таким образом, допустимые уровни установившегося и импульсного тока, а также напряженности поля хорошо согласуются между собой.

Принцип электростатического экранирования, положенный в основу методов защиты от электрических полей электроустановок СВН, иллюстрируется тем хорошо известным фактом, что внутри металлического проводника напряженность электростатического поля равна нулю. При внесении любого проводящего тела в электрическое поле (квазистатическое) напряженностью E (рис. 58)

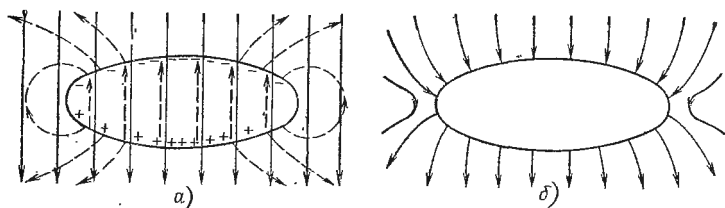


Рис. 58. Внесение проводящего тела в электрическое поле (а), результирующая картина поля (б)

наличие электронной проводимости приведет к перераспределению электронов в объеме проводника, которое будет продолжаться до тех пор, пока поле, создаваемое ими, не уравнивает внешнего поля.

Очевидно, что наличие внутри проводника полости не изменяет сделанного вывода. В пределе, таким образом, получим, что идеальное экранирование может быть обеспечено замкнутой проводящей оболочкой произвольно малой толщины. Разного рода отверстия уменьшают степень экранирования, так как часть силовых линий проходит внутри оболочки.

Экранирующие устройства в виде сплошной проводящей оболочки трудноисполнимы, поэтому оценка качества реальных экранирующих устройств производится по значению коэффициента экранирования по напряженности:

$$k_E = E_0/E,$$

где E_0 — напряженность невозмущенного поля (т. е. при отсутствии экранирующего устройства) в данной точке; E — напряженность в той же точке при наличии экранирующего устройства.

Снижение напряженности электрического поля до безопасных значений в местах длительного пребывания персонала может достигаться экранированием источников поля (активная защита) или экранированием рабочих мест (пассивная защита). Практически используется второй вид защиты.

К средствам защиты относятся стационарные, инвентарные, переносные экранирующие устройства и экранирующая защитная одежда. Экранирующие устройства должны обеспечивать снижение напряженности поля в защищаемом пространстве до значений не более 5 кВ/м. Они выполняются в виде сетчатых экранов-козырьков, тросовых навесов, экранирующих перегородок, экранов-ограждений, экранирующих коридоров. Применяются также переносные экраны в виде щитов, козырьков, навесов и инвентарные экраны для защиты персонала при работах на высоте с использованием гидроподъемников и телескопических вышек.

Индивидуальные комплекты экранирующей одежды¹ для защиты от действия электрического поля на ОРУ и ВЛ СВН применяются при значении напряженности, превышающем 25 кВ/м, или при меньших напряженностях, но с превышением времени проведения работ, указанного в табл. 4, при невозможности или нежелательности использования стационарных и переносных экранирующих устройств.

Экранирующий комплект состоит из экранирующего костюма (куртка и брюки) или халата (для дежурного персонала), перчаток и экранирующей обуви. Для изготовления костюмов, халатов и перчаток используется

¹ Разработка экранирующей одежды проводилась совместно с Союзтехэнерго и Домом моделей рабочей и специальной одежды Минлегпрома РСФСР.

экранирующая ткань, изготовленная из вискозной пряжи оранжевого цвета и нити КЭН (комплексная электропроводная нить). Коэффициент экранирования ткани (его следует отличать от коэффициента экранирования комплекта) — не менее 33, электрическое сопротивление квадратного образца ткани со стороной 150 мм — не более 1 кОм. Все элементы комплекта имеют специальные контактные устройства, обеспечивающие их надежную электрическую связь друг с другом. Суммарное электрическое сопротивление комплекта — не более 4 кОм. Комплект оснащен проводниками со струбцинами, служащими для присоединения к контуру заземления. В комплекте предусмотрено использование следующих видов экранирующей обуви: кожаных ботинок с рифленой подошвой из электропроводящей резины, резиновых сапог, а также галош (на валенки), изготовленных из электропроводящей резины формовым способом. Все виды обуви имеют кнопочные выводы для соединения с костюмом. Комплект, кроме того, оснащается каской с электропроводящим покрытием и подшлемником. Возможно применение обычной каски с накасником из экранирующей ткани. Костюмы маркируются эмблемой со знаком «ЭП», пришиваемой на верхнем накладном кармане и левом рукаве.

Коэффициент экранирования комплекта определяется в соответствии с ранее данным определением как отношение напряженности поля на поверхности тела человека, находящегося в электрическом поле без комплекта, к напряженности в той же точке поверхности тела под комплектом. Практическое измерение напряженности на теле человека довольно сложно и требует специального оборудования. Кроме того, коэффициент экранирования, определенный подобным образом, меняется от точки к точке, что делает затруднительной оценку общей эффективности комплекта. Вследствие этого комплект характеризуют коэффициентом экранирования по току, показывающим, во сколько раз комплект уменьшает установившийся ток, протекающий через человека. Коэффициент экранирования по току равен усредненному по всей поверхности тела человека коэффициенту экранирования по напряженности. Измерение коэффициента экранирования по току трудностей не вызывает. Для рассматриваемого экранирующего комплекта его значение не должно быть менее 12.

Порядок эксплуатации экранирующих комплектов. При пользовании экранирующим комплектом обязательно использование всех его составных частей, причем все элементы комплекта должны быть соединены между собой. Комплект должен присоединяться к контуру заземления с помощью заземляющих струбцин, за исключением случаев, когда работы проводятся на заземленных металлоконструкциях или непосредственно на грунте с достаточно высокой проводимостью. Не допускается работа в экранирующем комплекте на включенных сборках, панелях и других цепях напряжением до 1 кВ, расположенных в ОРУ СВН, вследствие повышенной опасности электропоражения. В этих случаях должны применяться стационарные экранирующие устройства.

В холодное время года следует применять специальный зимний комплект экранирующей одежды, в состав которого входят утепленные куртка с капюшоном и брюки. Возможно также использование обычного экранирующего комплекта совместно с теплой спецодеждой, надеваемой под или поверх него. Точно так же совместно с экранирующими перчатками могут использоваться обычные теплые перчатки или рабочие рукавицы. При работе в сырую погоду комплект должен защищаться влагозащитной одеждой (плащ, накидка).

Экранирующая ткань, используемая для пошива экранирующих комплектов, обладает достаточно хорошими гигиеническими свойствами. Тем не менее в жаркое время необходимо ограничивать продолжительность пребывания в комплекте в соответствии с приведенными ниже нормативами:

Температура воздуха, °С	До 25	30	35	42
Время пребывания в комплекте, ч . .	Не ограни- чивается	3	1,5	1

Примечания: 1. В каждом интервале указанных температур допустимая продолжительность работы в экранирующем комплекте определяется интерполяцией.

2. При температуре выше 42 °С выполнение работ в экранирующих комплектах не рекомендуется.

Загрязненные костюмы разрешается подвергать химчистке. Стирка костюмов запрещена. После чистки, а также мелкого ремонта необходимо проверить электрическое сопротивление комплекта.

Перед каждым использованием комплекта необходимо тщательно проверить целостность заземляющих выводов,

соединительных зажимов, отсутствие разрывов и других повреждений. При их наличии экранирующие комплекты должны изыматься из эксплуатации.

Разработка экранирующих комплектов для работ под напряжением (РПН) проводилась как составная часть решения важной народнохозяйственной задачи — надежного функционирования ВЛ СВН, обеспечивающих магистральные и межсистемные связи Единой энергетической системы страны. Отключение ВЛ СВН для проведения ремонтных и профилактических работ крайне нежелательно по техническим и экономическим причинам, вследствие чего в практику все шире внедряется метод выполнения работ на ВЛ под напряжением с непосредственным прикосновением человека к токоведущим частям.

Особое внимание при выполнении подобных работ обращается на обеспечение безопасности, главным образом на защиту от воздействия электрического поля и импульсных токов. В зоне выполнения работ вблизи провода напряженность электрического поля может достигать значения 2000 кВ/м, что более чем на порядок превосходит уровни напряженности, на которые рассчитаны экранирующие комплекты, описанные ранее. В связи с этим к экранирующим комплектам, предназначенным для РПН, предъявляются более жесткие требования.

Как указывалось ранее, при напряженности 5 кВ/м длительность работ без применения средств защиты не ограничивается. Эта норма взята за основу при определении необходимого коэффициента защиты комплекта. Установлено, что максимальная напряженность поля на теле человека при его нахождении в поле с первоначальной напряженностью 5 кВ/м не превосходит 75 кВ/м. Таким образом, напряженность поля под комплектом при нахождении работающего вблизи провода должна ограничиваться этим значением.

Кроме того, необходимо ограничение суммарного тока, протекающего через человека. В качестве допустимого значения принято 60 мкА.

Наконец, третьим требованием безопасности, предъявляемым к комплекту, является отсутствие искрения между телом и костюмом, появление которого наиболее вероятно в момент переноса потенциала провода на комплект. Выполненные исследования показали, что это условие надежно выполняется, если разность потенциалов

между телом человека и комплектом не превосходит 20 В.

Коэффициент экранирования комплекта по току с учетом приведенных требований должен быть не менее 100.

Конструкция комплекта для РПН в целом аналогична ранее описанной конструкции экранирующего комплекта для работ на уровне земли. В комплект входят: куртка с капюшоном; брюки; экран для лица; экранирующие перчатки. Комплект используется с экранирующей обувью (ботинки, сапоги).

Для изготовления костюма разработана специальная ткань из вискозной пряжи, электропроводящей нити КЭН и мишурной нити. Мишурная нить представляет собой нить из капрона, на которую навита медная посеребренная ленточка. Поверхностное сопротивление такой ткани не превышает 1 Ом. Экран для лица, а также вставки в капюшон выполняются из ткани, изготовленной только из нитей КЭН.

Разработан также вариант конструкции куртки и брюк, в котором использована экранирующая ткань из пряжи и нити КЭН. Для исключения воздействия разрядов в швах костюма проложена лента из ткани с мишурой. Лента изолирована от тела человека, но гальванически соединена с основной электропроводящей тканью, а также со всеми контактными выводами костюма. В конструкции куртки предусмотрены два измерительных зажима (на груди и на спине) для контроля электрического сопротивления основной ткани.

Экранирующие перчатки для работы с касанием токоведущих частей выполнены трикотажными из хлопколавсановой пряжи, нити КЭН и мишурной нити. Перчатки двойные: они состоят из электропроводящего верха и внутренней цельновязаной подкладки из хлопчатобумажной пряжи. Напульсник длиной около 3 см защищает запястье до края манжеты костюма. Подкладка необходима для увеличения экранирования руки, для ее изоляции и исключения воздействия разрядов. На верхней части напульсника на пришитой ткани из мишурной нити устанавливается контактный вывод (кнопка).

Остальные части комплекта соединяются между собой также при помощи кнопок. Для соединения с монтажной кабиной и со штангами для переноса потенциала костюм снабжен двумя проводниками со струбцинами. Внешний вид комплекта показан на рис. 59.

Эксплуатация экранирующих комплектов для РПН. Экранирующий комплект типа А может использоваться:

при работах под напряжением с непосредственным касанием токоведущих частей на ВЛ 330—500 кВ (на ВЛ 750 кВ применять его не рекомендуется);

при работах в зоне влияния ($E \geq 5$ кВ/м) на потенциале земли.

Экранирующий комплект типа Б может использоваться:

при работах под напряжением с непосредственным касанием токоведущих частей на ВЛ 330—750 кВ;

при работах в зоне влияния на потенциале земли.

Экранирующие комплекты выдаются для индивидуального пользования и закрепляются за конкретными работниками в соответствии с инструкцией о порядке выдачи, хранения и пользования спецодеждой, спецобувью и предохранительными приспособлениями.

Замена экранирующих комплектов выполняется по мере необходимости по результатам испытаний и внешнего осмотра.

Допустимое время непрерывной работы в экранирующем комплекте в летних условиях определяется температурой окружающей среды и приведено выше.

Перед началом работы руководитель работ производит внешний осмотр экранирующего комплекта. Каждый электромонтер из состава бригады надевает на себя экранирующий комплект, находясь вне зоны влияния электрического поля.

При этом следует иметь в виду:



экранирующий комплект надевается на нижнее белье или рабочую одежду;
экранирующий накатник¹ надевается на каску;
капюшон надевается поверх каски;
штрипки в низках брюк располагаются поверх носков.
После надевания экранирующего комплекта соединяют между собой отдельные элементы комплекта:
экранирующую обувь с выводами в низках брюк;
экранирующие брюки с выводами на экранирующей куртке;
экранирующий накатник с выводом на воротнике;
экран для лица с выводами на капюшоне;
экранирующие перчатки с выводами на рукавах.

Руководитель работ при осмотре проверяет правильность и надежность соединения отдельных элементов комплекта и измеряет сопротивление экранирующего костюма и экранирующих перчаток.

В случае, если сопротивление экранирующего костюма или перчаток превышает нормируемое значение, комплект или дефектные перчатки заменяются исправными.

При обнаружении в процессе работы неисправных контактов выводов, разрывов по швам или других дефектов комплекта работы должны быть немедленно прекращены, электромонтер должен быть доставлен на землю, а неисправный экранирующий комплект заменен исправным.

Испытания экранирующих комплектов. Ответственность за правильное использование, испытание и хранение экранирующих комплектов возлагается на лицо, назначенное из числа ИТР отдельным распоряжением по предприятию. Лица, проводящие испытания экранирующих комплектов, также назначаются распоряжением по предприятию.

Проверка технического состояния каждого экранирующего комплекта должна проводиться перед началом эксплуатации и перед каждым подъемом к проводам ВЛ, находящимся под напряжением. В последнем случае проверка заключается во внешнем осмотре и измерении сопротивления постоянному току экранирующего костюма

¹ Экранирующий накатник при использовании капюшона может не применяться.

и перчаток. Кроме того, периодически производится измерение сопротивления экранирующей обуви. Испытания проводятся также после химической чистки комплекта, его ремонта и в процессе хранения — 1 раз в 6 мес.

При осмотре экранирующей одежды, экранирующей обуви следует обращать внимание на состояние ткани, швов, контактных элементов и подошв.

При обнаружении дефектов (обрыв соединительного элемента, неисправность контактного устройства, истирание или отслаивание подошвы, разрывы или сильная деформация верха обуви и т. п.) экранирующий комплект или его дефектный элемент изымается из эксплуатации и заменяется новым или отремонтированным.

Измерение сопротивления постоянному току экранирующего костюма, экранирующих перчаток и экранирующей обуви производится отдельно. Подсоединение проводов от измерительной схемы осуществляется зажимами типа «крокодил».

При измерении сопротивления постоянному току экранирующий комплект развешивается на вешалке, надевается на манекен или на человека. Куртка и брюки соединяются с помощью контактных выводов. Сопротивление измеряется омметром с выходным напряжением не более 10 В:

а) между проводниками со струбцинами, расположенными на поясе;

б) между одним из проводников со струбциной и выводами на рукавах (правым, левым);

в) между одним из проводников со струбциной и выводами в низках брюк (правый, левый);

г) между одним из проводников со струбциной и выводом на воротнике;

д) между одним из проводников со струбциной и выводами на капюшоне для соединения с экраном для лица (поочередно);

е) между одним из проводников со струбциной и выводом на груди (только на экранирующих комплектах типа А);

ж) между одним из проводников со струбциной и выводом на спине (только для экранирующих комплектов типа А).

Сопротивление, измеренное по пп. «а»—«д», не должно превышать 10 Ом.

Сопротивление, измеренное по пп. «е», «ж», не должно превышать 700 Ом.

При сопротивлении, большем нормируемого, экранирующие комплекты бракуются, однако они могут быть использованы для работ на потенциале земли. Эксплуатируются они в соответствии с «Инструкцией по эксплуатации индивидуальных комплектов спецодежды для работы в электроустановках напряжением 400, 500 и 750 кВ частотой 50 Гц».

Сопротивление перчаток измеряется между выводом для соединения с рукавом и концом каждого пальца при надетой на руку перчатке омметром с выходным напряжением не более 10 В. Наибольшее значение сопротивления перчаток должно быть не более 30 Ом.

Сопротивление постоянному току экранирующей обуви измеряется мегаомметром на напряжение 500 или 1000 В. Схема измерения показана на рис. 60. Определяется сопротивление между контактным выводом 3 и металлической ванной 2, в которую необходимо помещать каждый ботинок или сапог. Под обувь подкладывается два-три слоя хлопчатобумажной ткани 1, обильно смоченной 1,5 %-ным водным раствором поваренной соли (15 г на 1 л воды). Значение сопротивления должно быть не более 10 кОм. Экранирующая обувь, не удовлетворяющая этому требованию, изымается из эксплуатации и заменяется исправной.

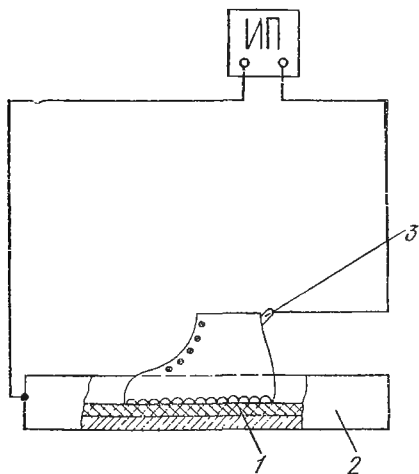


Рис. 60. Схема измерения электрического сопротивления электропроводящей обуви

Хранение экранирующих комплектов должно осуществляться в сухих отапливаемых помещениях в специальных шкафах.

Экранирующая одежда и обувь должны периодически чиститься (допускается химическая чистка) и своевременно ремонтироваться. Допускается ремонт элементов экранирующего комплекта спецодежды с целью восстановления электрической проводимости и улучшения внешнего вида (ликвидация разрывов швов и ткани на отдельных участках куртки, брюк; отрывов карманов и контактных выводов). Запрещается при ремонте заменять электропроводящую ткань тканью общего назначения.

Ремонт экранирующей обуви с целью восстановления электрической проводимости в эксплуатации не производится. Допускается лишь мелкий ремонт с целью улучшения внешнего вида (устранения отслаивания подошв, разрывов по швам и т. п.).

9. МАНЕКЕНЫ-ТРЕНАЖЕРЫ

Опыт и экспериментальные исследования показали, что самыми эффективными методами оказания доврачебной помощи пострадавшему при поражении электрическим током и других травмах, в результате которых происходит прекращение дыхания и остановка сердца, является метод искусственного дыхания «изо рта в рот» («изо рта в нос») и непрямой (наружный) массаж сердца для восстановления кровообращения.

Практика утверждает, что только изучение инструкций и методических пособий по оказанию доврачебной помощи пострадавшим является мероприятием совершенно недостаточным.

Отсутствие практического опыта у спасателя служит причиной его излишнего волнения, беспомощности и ошибок в реальной ситуации, когда требуется принятие оперативных мер по оживлению пострадавшего. Условием успеха является умение действовать в сочетании с твердостью и уверенностью в поведении спасателя. Эти качества должны систематически вырабатываться у персонала предприятий на тренировках с использованием муляжей, моделей, тренировочных манекенов-тренажеров.

Известны манекены-тренажеры зарубежного производства, а также манекены, разработанные и изготовленные малыми партиями на предприятиях отдельных энергосистем Минэнерго СССР (Тулэнерго, Краснодарэнерго и др.).

Вызывает интерес манекен-тренажер «Иркутянка», разработанный Иркутскэнерго. Манекен предназначен для использования в стационарных условиях и представляет собой обучающую систему для реанимационных центров, учебных заведений, кабинетов по технике безопасности. Обеспечивает возможность обучения также приемам диагностики состояния пострадавшего по данным состояния сердца, дыхания, мозгового кровообращения на основании изменения пульса, электрокардиограмм, ширины зрачков, электроэнцефалограммы. На дисплее регистрируются также некоторые ошибочные действия обучаемого.

Однако манекен сложен в изготовлении, нетехнологичен и вопрос о его производстве для нужд энергетики еще не решен.

Манекен-тренажер, разработанный в Мосэнерго, выпускается серийно и внедрен практически во всех энергосистемах Минэнерго СССР.

Манекен предназначен для обучения персонала практическим навыкам проведения искусственного дыхания изо рта в рот и непрямого массажа сердца в соответствии с правилами [1].

Манекен изготовлен на базе кожаной куклы, упрочненной стальным каркасом, имитирующей пострадавшего в натуральную величину.

Манекен имеет механизмы: дыхания, непрямого массажа сердца, поворота и запрокидывания головы, изменения размера зрачков глаз, пульса на руках и шее, подъема грудной клетки.

Подвижные сочленения рук и ног дают возможность вести обучение приемам остановки кровотечения и наложения шин при переломах.

Голова манекена изготавливается из ударопрочного полистирола. Разработан вариант головы из эластичного поливинилхлорида, однако дефицитность сырья (пластизоль) ограничивает возможность массового изготовления.

Для управления и сигнализации механизмами манекена создан пульт, соединяющийся с манекеном шланго-

вым проводом длиной 2 м с помощью штепсельного разъема.

Механизм дыхания содержит эластичную емкость на 1,5—2 л воздуха, соединяющуюся трубкой с ротовой и носовой полостями головы. Правильность вдувания воздуха контролируется с помощью реле давления, через контакты которого на пульте включается световой сигнал «давление нормально». Грудь манекена при этом поднимается на 1,5—2 см. Соединительная трубка оборудована блокировочным механизмом, препятствующим проникновению воздуха в грудную емкость, если голова манекена запрокинута не до предела.

Механизм непрямого массажа сердца содержит цилиндрическую пружину усилием 30—40 кг, при продавливании которой на 3—4 см (через имитатор грудины) на пульте появляется световой сигнал «усилие нормальное». При превышении усилия — сигнал «усилие больше нормы».

Механизм поворота и запрокидывания головы обеспечивает возможность ее смещения соответственно на углы 180 и 20°. Механизм изменения размера зрачков обеспечивает поворот и фиксирование глаз в положениях: «зрачок нормальный», «зрачок расширенный». Привод механизма — электромагнитный, управление — с пульта. Механизм подъема грудной клетки обеспечивает ритмичное ее перемещение по вертикали на 1—2 см с частотой 12 циклов в минуту. Привод осуществляется от микродвигателя, управление — с пульта. Механизм пульсов (в груди, на шее, на руках) выполнен на базе электромагнитных малогабаритных реле, запускаемых от электронного реле времени, управление — с пульта.

Механизмы ритма дыхания и пульса включаются автоматически при работе механизмов дыхания и массажа сердца. При этом на пульте начинают мигать соответствующие сигнальные лампочки с заданными частотами.

Манекен обеспечивает возможность работы на нем в режиме обучения и в режиме проверки навыков.

Перед началом занятий инструктор информирует персонал о целях обучения, знакомит его с устройством манекена и правилами работы с ним. При обучении обращается особое внимание на необходимость правильного положения головы манекена, зажатия носа (рта), правильного положения руки при массаже, а также на не-

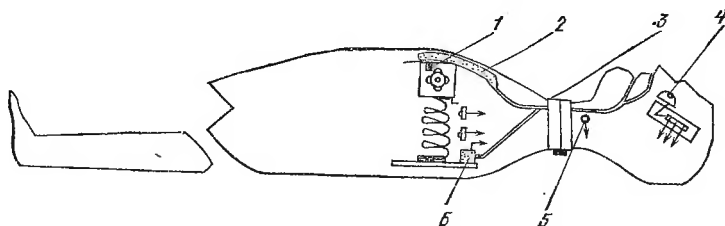


Рис. 61. Схема расположения механизмов манекена-тренажера:

1 — механизм массажа сердца; 2 — механизм дыхания; 3 — механизм поворота и запрокидывания головы; 4 — механизм изменения размера зрачка; 5 — механизм пульса на шее; 6 — реле давления

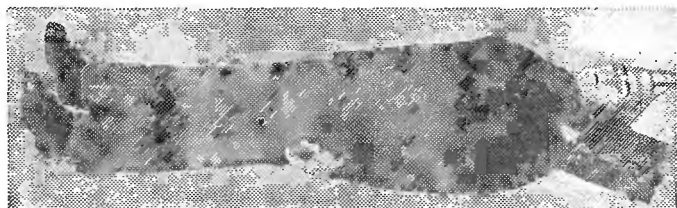


Рис. 62. Внешний вид манекена-тренажера

обходимость руководствоваться сигналами ламп на пульте управления.

При проверке навыков определяется правильность самостоятельных действий обучаемых. При этом с помощью пульта управления инструктор создает различные ситуации, имитирует то или иное состояние пострадавшего, контролируя правильность действий обучаемого.

В 1982 г. манекен прошел проверку и выдержал технические испытания в Научно-исследовательском институте медтехники.

Техническая характеристика

Габариты, мм:

манекена	1700×500×300
футляра	1100×550×370
пульта	230×200×110
Масса манекена, кг	25
Масса футляра, кг	5
Напряжение питания, В	220
Рабочие напряжения, В:	
переменного тока	12
постоянного тока	24

Схема расположения механизмов дана на рис. 61, общий вид — на рис. 62.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках. — М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
4. Справочник электрозащитных средств и предохранительных приспособлений. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Хомяков А. М. Средства защиты работающих, применяемые в электроустановках. — М.: Энергоиздат, 1981.
6. Овчинников Н. Я., Хомяков М. В. Испытания и ремонт средств защиты в электроустановках. — М.: Энергоатомиздат, 1984.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Указатели напряжения	5
2. Указатели напряжения для фазировки	24
3. Сигнализаторы напряжения индивидуальные	34
4. Устройства для кабельной сети	46
5. Приспособление для проверки исправности указателей напряжения типа ППУ	60
6. Устройство предупреждения о грозовой опасности УПГО-1	63
7. Переносные заземления для ВЛ 110—750 кВ	67
8. Экранирующие комплекты спецодежды для работы в электроустановках сверхвысокого напряжения	77
9. Манекены-тренажеры	91
Список литературы	95

Производственное издание

*ГУСЕВ ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ, УШАНОВ ВИКТОР ПАВЛОВИЧ,
ЧЕСНОВЫ НИКОЛАЙ МАТВЕЕВИЧ*

**Средства и устройства безопасности
для работ в электроустановках**

Редактор *З. И. Кобзева*

Редактор издательства *Л. Л. Жданова*

Художественные редакторы *В. А. Гозак-Хозак,
Г. И. Панфилова*

Технический редактор *Т. Ю. Андреева*

Корректор *З. Б. Драновская*

ИБ № 1750

Сдано в набор 22.02.88. Подписано в печать 21.06.88. Формат 84×108¹/₃₂.
Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 5,04. Усл. кр.-отг. 5,25. Уч.-изд. л. 5,07. Тираж 170 000 экз.
Заказ № 77. Цена 25 к.

Энергоатомиздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Госкомиздате СССР
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7